JAHRGANG LXII. 1912. HEFT VII BIS IX.

Palmyra, die sterbende Trümmerstadt.

Vom Geheimen Oberbaurat Dr.=Ing. Stübben.

(Mit Abbildungen auf Blatt 43 bis 45 im Atlas.)



Abb. 1. Blick auf das Straßentor.

Den Namen der fast sagenhaften Stadt Palmyra kennen wir alle aus der römischen Geschichte und aus Adolf Wilbrandts Meister von Palmyra. Aber die Stadt, die in Schönheit sterbende, kennen nur wenige. In der syrischen Wüste, auf der Wasserscheide von Orontes und Euphrat gelegen, ist sie nicht so leicht zu erreichen, wie andere antike Stadtruinen in Asien und Nordafrika. Von tausend Touristen, die alljährlich Damaskus besuchen, entschließen sich nur sehr wenige zu einer achttägigen Wüstenfahrt nach Palmyra und zurück. Zwar genügt von Homs, an der Bahnlinie Baalbek-Aleppo gelegen, ein Ritt von zweiundeinhalb Tagen, um ans Ziel zu gelangen. Aber auf alle Fälle stellt die Hin- und Herreise in schattenloser Hitze, mit Zelten, Reit- und Lasttieren, Dragoman, militärischer Begleitung und sonstigem Personal an die Ausdauer und den Geldbeutel der Reisenden Ansprüche, die der gewöhnliche Mittelmeer-Trotter nicht zu erfüllen bereit ist. Demjenigen aber, der sich dazu entschließt, sind Wüstenfahrt und Palmyra unauslöschliche Erlebnisse.

Die Bibel nennt den König Salomo als Gründer der Stadt. Eine wirtschaftliche Bedeutung scheint sie aber erst im Anfang der christlichen Zeitrechnung erlangt zu haben. Die Kultur war griechisch. Die „Königin der Wüste" war eine Republik unter römischer Oberhoheit und vermittelte den Handel des Westens mit den Euphrat- und Tigrisländern. Später war Palmyra ein selbständiges Reich unter dem König Odenathus und dann unter der berühmten Königin oder Kaiserin Zenobia. Sie pflegte die griechische und römische Bildung und breitete ihre Herrschaft aus über Mesopotamien und Syrien, stieß dann aber mit den Römern unter Kaiser Aurelian zusammen, wurde im Jahre 271 geschlagen, gefangen genommen und zierte des Kaisers Triumphzug in Rom. Die Villa Hadrians bei Tivoli war ihr Exil.



Abb. 2. Straßentor. Ansicht von Süden.

Eine spätere Empörung hatte die Zerstörung Palmyras zur Folge. Zwar wurde die Stadt wieder aufgebaut, aber ihr Glanz war dahin. In die langen Jahrzehnte des Kampfes zwischen Römertum und Christentum, von Aurelian bis Julian Apostata, verlegt Wilbrandt die Szenen seines schwermütigen Dramas.

Die Stadt litt abermals stark in den Kämpfen der Omajaden und

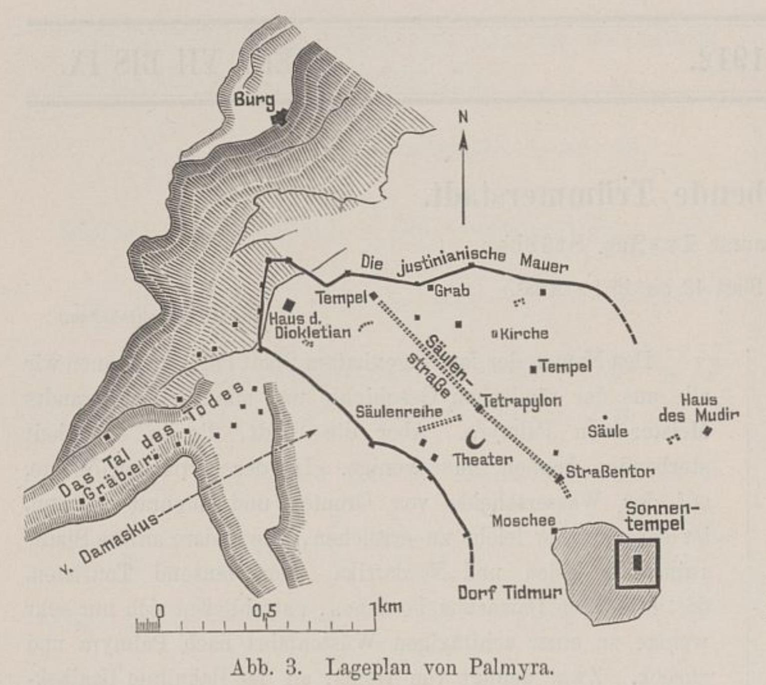


Abb. 3. Lageplan von Palmyra.



Abb. 4. Straßentor um 1759 (nach Wood und Dawkins).

Abbasiden. Sie sank herab zum Wohnort armer Handelsjuden und ging dann so völlig zugrunde, daß sie im Jahre 1691 von englischen Kaufleuten förmlich wieder entdeckt

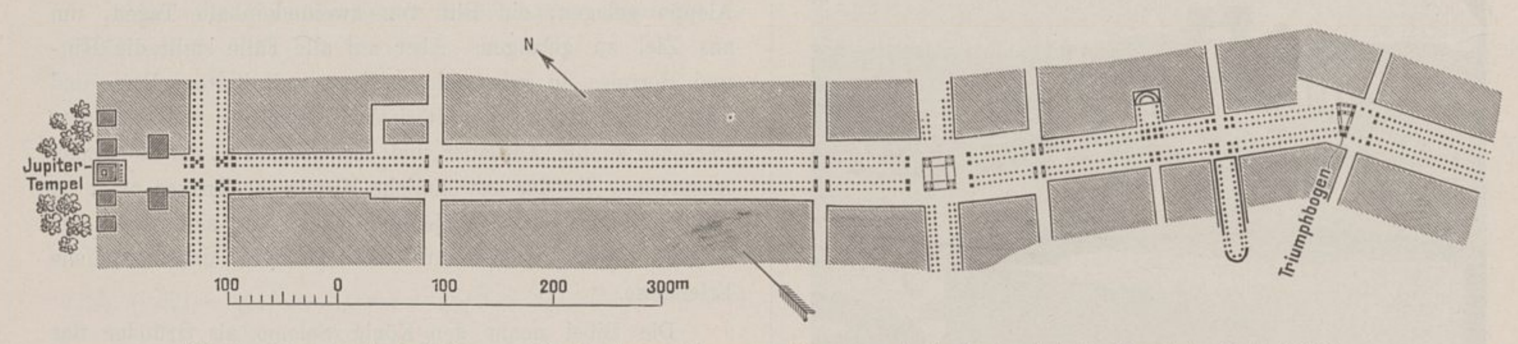


Abb. 5. Hauptstraße in Palmyra. (Nach Cassas, Voyages pittoresques de la Syrie et de la Phoenicie, Paris 1799.)



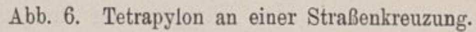


Abb. 6. Tetrapylon an einer Straßenkreuzung.



Abb. 7. Fünf Säulen einer Querstraße.



Abb. 8. Bogen für eine Querstraße.



Abb. 9. Reste der Säulenstraße.

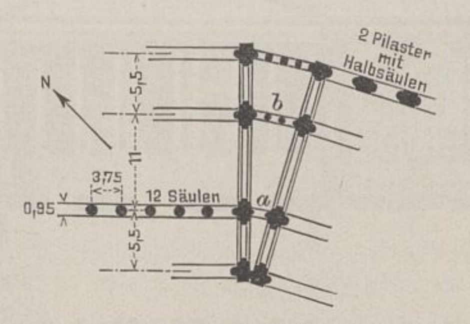


Abb. 10. Ansicht von Südosten.

werden mußte. Ein höchst wertvolles Werk von Robert Wood aus dem Jahre 1753 „The ruins of Palmyra otherwise Tedmor in the desart“ schildert uns den damaligen Zustand in Wort und Zeichnungen.

Wer, von Damaskus oder Homs kommend, auf dem die Wasserscheide bildenden Felsrücken anlangt, wird eines überraschenden, großartigen Anblicks teilhaftig. In einem weiten Wüstental ausgebreitet die große, große Trümmerstadt, in der Mittagsonne wie eine „Rose, glühend gleich Aphroditens Purpursaum“. Aber die Rose ist entblättert, und die Blätter sind zerstreut im heißen Wüstenwind. Rötlich schimmernd erstreckt sich von links nach rechts die kilometerlange Säulenstraße, abgeschlossen nordwestlich von der Säulenfront des zerfallenen Jupitertempels, südöstlich vom gewaltigen Tempel des Baal (Text-Abb. 3). Um diesen und in ihm die Lehmhütten des heutigen armseligen Dorfes Tidmur. Weiter östlich grüne Gärten und ein glitzernder See. Umgeben ist die weite Trümmerstätte von der unregelmäßigen Linie der justinianischen Stadtmauer, deren Verlauf an gut erhaltenen Resten erkennbar ist. Zwischen ihr und der Säulenstraße im Süden wie im Norden der Stadtfläche zahlreiche Tempel, hochragende Einzelsäulen und Säulenreihen, Grabbauten und sonstige Baureste. Auf dem Felsgebirge links die malerische Ruine der muslimischen Burg. — Wir steigen hinab, klettern über Graben und Mauer und durchmessen neugierigen Schrittes in Wehmut der großen Zenobia zertrümmerte Hauptstadt.

Von höchstem städtebaulichen Wert sind die Säulenstraße (Text-Abb. 5), ihr Tetrapylon und ihr Prachttor. Unter den in Resten uns überkommenen Säulenstraßen alexandrinischer und römischer Städte im Osten und Süden des Mittelmeeres ist die Palmyrener Hauptstraße neben derjenigen von Gerasa die bedeutendste. Der Säulenreihen sind vier. Denn die Straße bestand aus einem Fahrdamm von 11 m und zwei überdeckten Bürgersteigen von 5,5 m Breite. Auf anderthalb Kilometer Länge



a Rundbogen mit kassettierter Archivolte, darüber Nischen, *b* kassettierte Archivolten, darüber Nischen mit Figuren.

Abb. 11. Tor am Straßenknie.

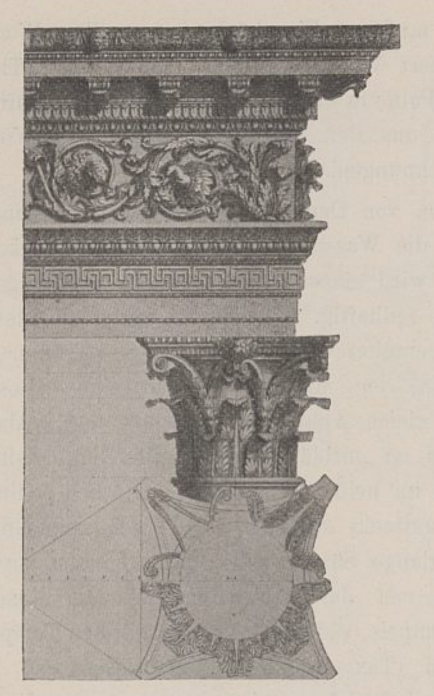


Abb. 12. Vom Portikus.



Abb. 13. Von der Innenwand.

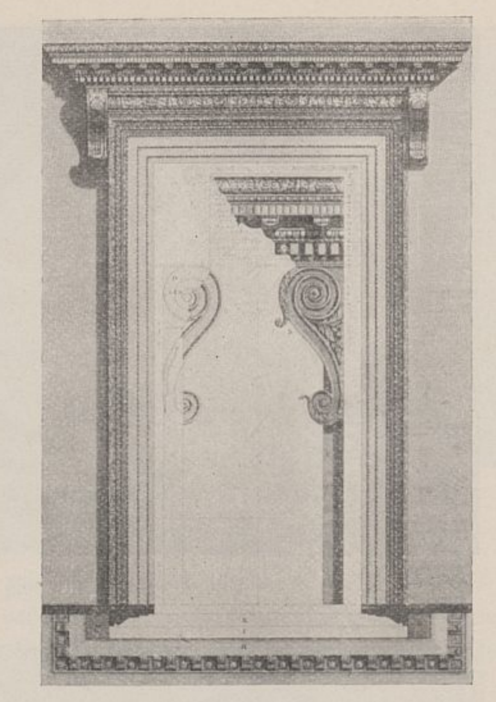


Abb. 14. Eingangspforte.

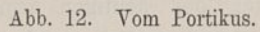


Abb. 12 bis 14. Einzelheiten vom Sonnentempel (nach Wood).

haben ehemals 1500 Säulen gestanden, zumeist von 17 m Höhe. Heute ist ihre Zahl auf etwa 150 gesunken. Sie stecken zum Teil tief im Boden. Auf zwei Drittel der Höhe tragen sie weit ausladende Kragsteine (Text-Abb. 8 u. 9), eine palmyrenische Eigenart des griechischen Barocks, wenn der Ausdruck gestattet ist. Auf 1500 Kragsteinen war Platz für ebenso viele große und kleine Berühmtheiten aus Griechenland, Rom und Palmyra. Noch heute künden manche Inschriften in griechischen und lateinischen Lettern ihre Namen. Wie lange noch? Von den Säulen, die Wood gesehen, ist kaum noch die Hälfte vorhanden.

Wo unsere Säulenstraße von der Hauptquerstraße gekreuzt wurde, erhob sich über der Vierung ein vierhäuptiges Säulenportal in gigantischen Abmessungen. Heute stehen von diesem Tetrapylon noch aufrecht einige zwanzig Meter hohe Pilaster mit Halbsäulen und eine monolithe Freisäule (Text-Abb. 6). Eine andere Säule, aus einem ein-

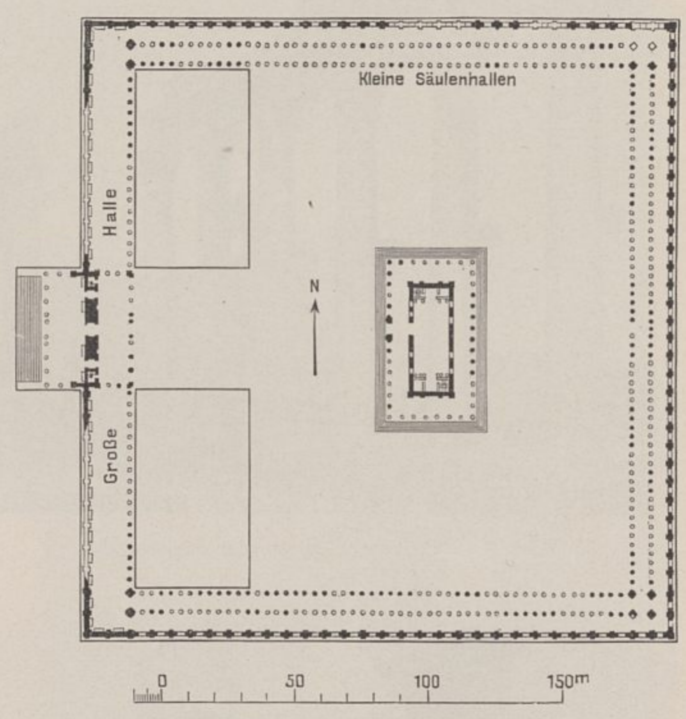


Abb. 15. Grundriß des Sonnentempels (nach Wood).

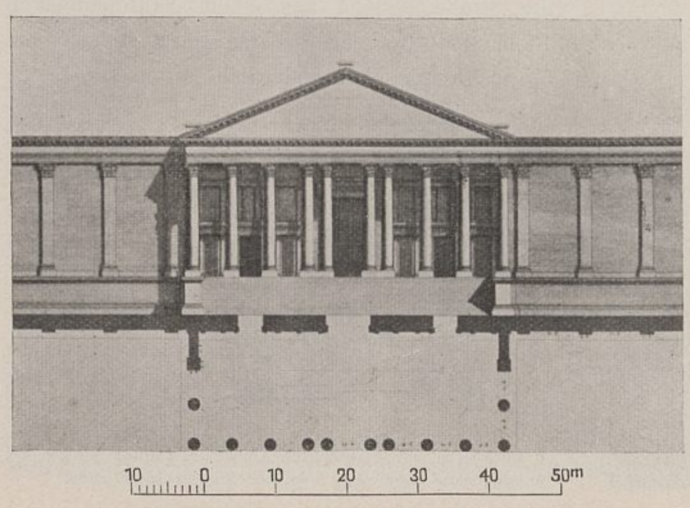


Abb. 16. Portikus des Sonnentempels (nach Wood).

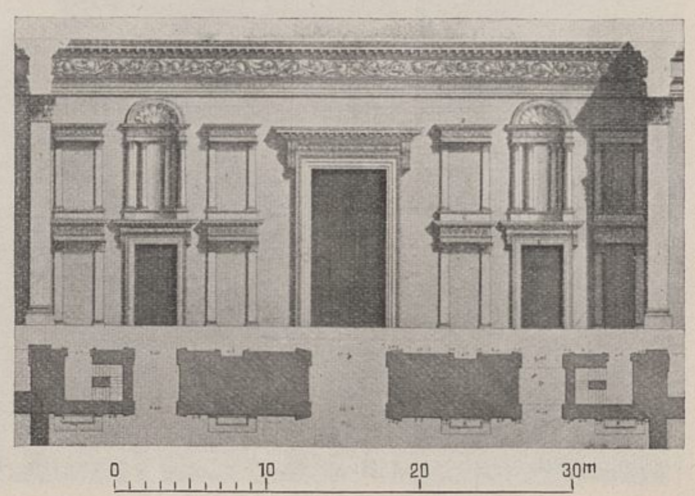


Abb. 17. Innenwand des Portikus am Sonnentempel (nach Wood).



Abb. 18. Südostecke des großen Tempelhofes.



Abb. 19. Südwestecke des großen Tempelhofes.



Abb. 20. Nordwestecke des großen Tempelhofes.

zigen Block bestehend wie jene, von blaugesprenkeltem Granit, liegt am Boden, der bedeckt ist mit Gebälkstücken, Kapitellen und Säulentrommeln.

Nahe am östlichen Ende bildet die Straße einen Knick. Auf diesem Knick über dreieckigem Grundriß erhebt sich das eigenartigste Säulentor, das aus dem Altertum uns bekannt ist (Text-Abb. 1, 2, 10 u. 11, Abb. 2 Bl. 43 und Abb. 1 u. 2 Bl. 44). Seine beiden Fronten stehen rechtwinklig zu den geraden Strecken der gebrochenen Straßenlinie. Sie bestehen aus je einem dreiteiligen Prachttor mit einem mittleren Bogen von etwa 20 m Höhe und niedrigeren Seitenbögen. Das Werk ist baufällig in beunruhigendem Grade. Der Schlußstein der noch erhaltenen Mittelarchivolte hängt bedenklich herab. Mehrere der seitlichen Säulen sind gestürzt. Die Basen und Sockelquadern sind von Witterungseinflüssen und rohen Zerstörungen unterhöhlt. Es ist tieftraurig, durch den Vergleich mit den Zeichnungen, die uns der Architekt Dawkins, Woods Begleiter, hinterlassen hat (Text-Abb. 4), den Fortschritt zu erkennen, den der Verfall seit jener Zeit gemacht hat. Erbarmt sich nicht bald ein Kulturvolk, ein Mäzen, ein Kaiser dieser herrlichen Zeugen einer großen Zeit, so sind sie verloren für uns und die Nachwelt.

Der Sonnentempel erhebt sich auf einer hohen quadratischen Terrasse mit Umfassungsmauern von je 225 m Länge (Text-Abb. 15). Da der Kölner Dom 150 m und eine anständige Pfarrkirche 50 bis 60 m Länge besitzt, so möge man sich einen Begriff machen von der Größe des Werks. Wir treten ein durch den zehnsäuligen Portikus (Text-Abb. 16). Das heißt, so hat ihn Dawkins gezeichnet. Heute fehlt die Säulenstellung dieses Portikus ebenso wie die große zu ihm ehemals hinaufführende Freitreppe. Das Verteidigungsbedürfnis hat in unruhigen Zeiten aus dem Propylaion ein mit mittelalterlichen Befestigungen versehenes enges



Abb. 21. Vorderansicht.

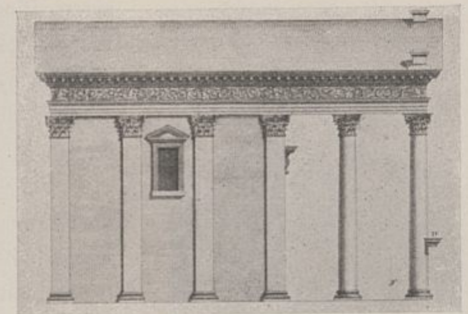


Abb. 22. Seitenansicht.

Abb. 21 bis 23. Dianatempel (nach Wood).

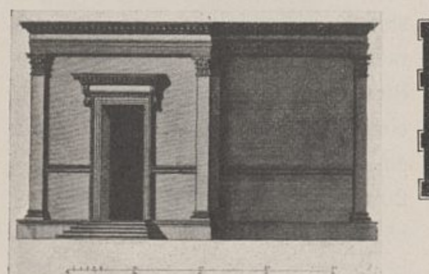


Abb. 24. Ansicht.

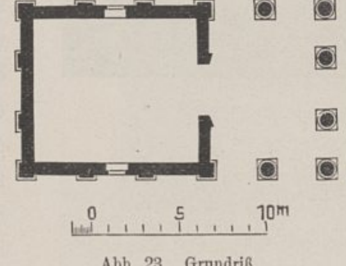


Abb. 23. Grundriß.

Abb. 24 u. 25. Grab an der Stadtmauer (nach Wood).

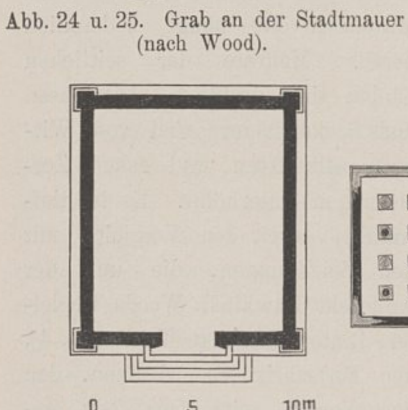


Abb. 25. Grundriß.

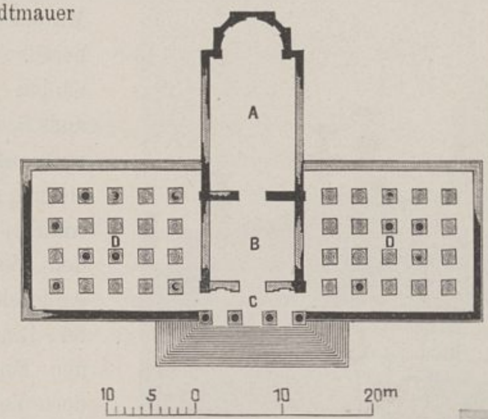


Abb. 26. Haus des Diokletian (nach Wood).

Burgtor gemacht (Text-Abb. 28). Im Innern birgt dieser Bauteil noch den antiken Kern, eine nach außen und eine nach innen gerichtete Front mit drei Türen und den Resten von ehemals reichem architektonischen Schmuck (Text-Abb. 12 bis 14 und 17). Hinter dem Tor und den anschließenden Teilen der westlichen Umwehrungsmauer erkennt man die Reste einer gewaltigen Säulen-



Abb. 27. Haus des Diokletian (nach Wood).

halle. An diese stießen kleinere zweischiffige Säulenhallen, die den übrigen drei Umfassungswänden des großen Tempelhofes vorgelegt sind.

Und im Innern des Tempelhofes ein Gassengewirr von Lehmhütten. Wie die Dalmatiner ihre Stadt Spalato im Innern des Diokletianspalastes erbauten, so nistet hier ein halbwilder Wüstenstamm im Heiligtum des Sonnengottes. Aber noch reden Pilaster und Gebälke, Friese und Kapitelle der Säulenreihen



Abb. 28. Außenansicht des Eingangs zum Sonnentempel in jetzigem Zustand.



Abb. 29. Tor im westlichen Pteron und der Cellawand des Sonnentempels im gegenwärtigen Zustande.



Abb. 30. Südwestecke des Baltempels.

und der Cella die Sprache Homers. Freilich Homer und Iktinos, Phidias und Sophokles waren auch damals schon schwache Erinnerungen. Und doch ist sie griechisch, ausgesprochen griechisch, diese Nachblüte der Kunst auf syrischem Boden. Die Cella, 31 zu 60 m groß, ist ein Peripteros von 8 zu 15 Säulen. Der Eingang liegt auf der westlichen Langseite, da das Bauwerk zwei Adyta, je eines an der Nord- und an der Südseite, besitzt (Text-Abb. 32). Die sehr reiche Architektur ist an manchen inneren Teilen wohl erhalten und mutet seltsam an neben Kibla und Mimbar, die nun dem Kult des Propheten dienen. Auch im Äußeren ist der große Tempelbau, der in der Omajadenzeit als Festung diente, vielfach umgewandelt worden und gewährt malerische Anblicke (Text-Abb. 18 bis 20 und 29 bis 31 sowie Abb. 1 Bl. 45).

Durchwandern wir nunmehr die Stadt, so finden wir zunächst südlich der Säulenstraße die Reste des ehemaligen Theaters. Man sieht noch gebogene Mauern und Säulenstellungen und ein tief im Boden steckendes Portal, im übrigen aber eine so wirre Menge von Schutt und Trümmern, daß eine deutliche Vorstellung dieses Baues und seiner Umgebung nur durch sorgfältige Freilegung und Nachgrabung gewonnen werden könnte. In der Nähe erhebt sich eine sehr gut erhaltene Reihe von elf Säulen mit Gebälk, vermutlich von einer Seitenstraße stammend. Ein ähnlicher Rest einer andern Säulenstraße zeigt fünf Säulen (Text-Abb. 7).

Im nördlichen Teile der Stadt ragen aus dem trümmerbedeckten Boden einzelne hohe Säulen empor, ferner zwei Tempel, eine andere antike Ruine, eine ehemalige christliche Kirche und ein Grabbau. Der kleinere der beiden Tempel (ein Dianatempel?) zeigt einen tiefen Pronaos und je ein zierlich überdachtes Seitenfenster (Text-Abb. 21 bis 23 und Abb. 2 Bl. 45). Das Bauwerk steckt tief im Boden. Die auf einem Drittel der Höhe angebrachten Kragsteine liegen wenig über dem Erdreich. Von dem zweiten Gebäude (einem Theseustempel?) sind nur die auf der quadratischen Umfanglinie stehenden Säulenreihen erhalten (Text-Abb. 33). Ähnlich das in Text-Abb. 35 dargestellte Bauwerk.

Noch geringer sind die Reste der christlichen Kirche, erkennbar an den Zeichen des Kreuzes und



Abb. 31. Ostpteron des Baltempels.

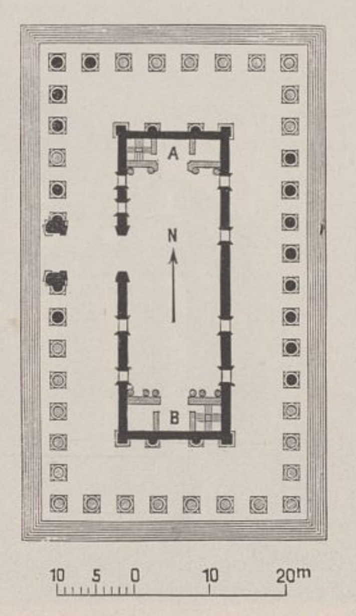


Abb. 32. Cella des Baltempels (nach Wood).



Abb. 33. Säulenhalle.



Abb. 34. Blick auf den Jupitertempel.



Abb. 35. Säulenhalle.

des Monogramms Christi, auf jeder Seite drei Säulen, wovon nur noch eine ihr Kapitell trägt.

Der dicht an der Stadtmauer stehende Grabbau ist verhältnismäßig wohlerhalten. Es ist ein quadratischer Bau mit dünnen Marmorwänden; außen zeigt er schmückende Pilaster auf den Ecken und eine fein gezeichnete Eingangstür, die aus Athen stammen könnte. Gebälk und Dach sind eingestürzt, das Innere liegt voller Trümmer (Text-Abb. 24 u. 25 nach Wood).

Wir sagten schon, daß die große Säulenstraße an ihrem westlichen Abschluß auf die Säulenfront des zerfallenen Zeustempels (?) gerichtet sei (Text-Abb. 34 und Abb. 1 Bl. 43). Ein sechssäuliger Portikus mit Gebälk und teilweise erhaltenem Tympanon steht in einem Haufen von Quadern und Simsstücken aufrecht. Wie lange noch? Der schöne Tempelbaurest macht einen höchst baufälligen Eindruck. Ein Stoß, und seine Trümmer bedecken die übrigen.

Von einem wichtigen Gebäude in der Südwestecke der Stadt haben wir nur noch wenige Teile aufgefunden. Es ist das Haus des Diokletian, so genannt, weil eine aufgefundene Inschrift den Namen dieses Kaisers trägt. Der Grundriß besteht aus einem Mittelbau mit Apsis. Seitlich liegen nach Dawkins Zeichnung Säulenhallen (Text-Abb. 26). Die Grabung der später zu erwähnenden Baalbek-Expedition hat ergeben, daß die ganze Anlage ein militärisches Lager des Diokletian war und der Hauptbau als das sogenannte Fahnenheiligtum zu betrachten ist. Wood sah noch mehrere Säulen und die Apsis aufrecht stehen (Text-Abb. 27). Heute liegt hier ein wild aufgetürmtes Durcheinander von Quaderstücken und Architekturresten, die anscheinend von mehreren Prachtbauten herrühren.

Höchst merkwürdig sind schließlich die vielen Grabtürme, die uns im sogenannten Tale des Todes erhalten sind. Das Tal liegt zur Seite des Höhensattels, auf welchem wir, von Damaskus ankommend, den ersten Anblick der Stadt genießen durften. Die Grabtürme sind auf rechtwinkligem Grundriß aufgeführte hohe Bauten, die in mehreren Geschossen in Form von Wandnischen zahlreiche Sargkammern enthalten. Vermutlich sind es die Grabstätten reicher Palmyrener Familien oder von Vereinen und Bruderschaften. Noch heute zeigen sie, obschon in ausgeraubtem und stark beschädigtem Zustande, einen erstaunlichen Reichtum von Marmorschmuck und plastischen Kunstwerken an den Wandflächen und Pilastern, an den Nischen und kassettierten Decken. Auch an Inschriften fehlt es



Abb. 36. Grabturm in jetzigem Zustande.

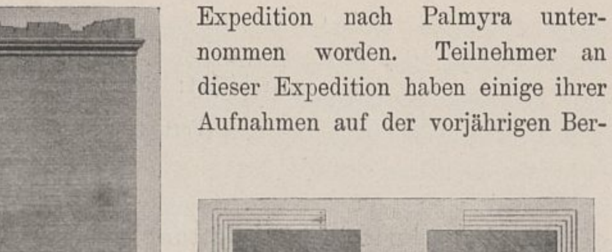


Abb. 37. Ansicht.

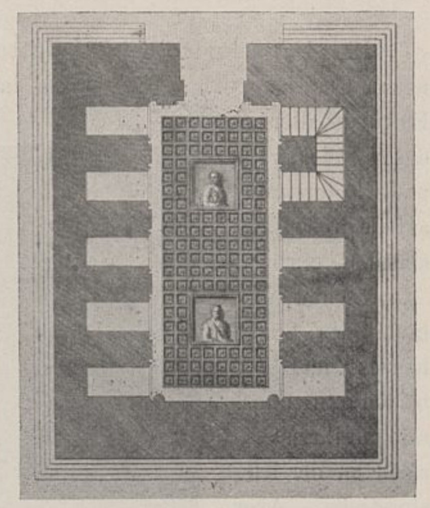


Abb. 38. Grundriß.

Abb. 37 bis 40. Grabturm (nach Wood).

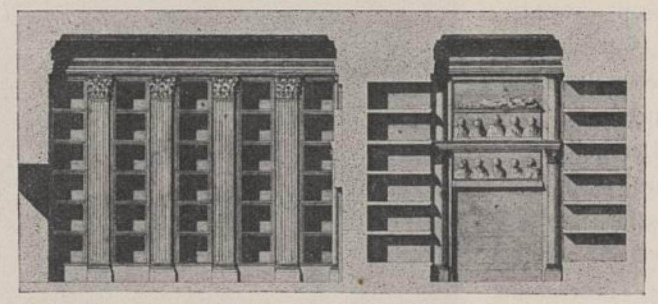


Abb. 39. Längenschnitt. Abb. 40. Querschnitt.

nicht. Von unseren Abbildungen zeigen Text-Abb. 37 bis 40 die Ansicht, den Grundriß und die Durchschnitte eines Turmes nach Wood, Text-Abb. 36 und 41 Grabtürme im jetzigen Zustande.

Wie ist es möglich, daß bei dem Eifer, mit welchem alle Kulturstaaten der Erforschung antiker Baudenkmäler in unseren Tagen obliegen, Palmyra bisher fast unberücksichtigt blieb! Zwar ist vor einigen Jahren von Baalbek aus, als dort Puchstein und seine Mitarbeiter im Auftrage des deutschen Kaisers mit dem Studium und der baulichen Sicherung der beiden großen Tempel beschäftigt waren, eine archäologische Expedition nach Palmyra unternommen worden. Teilnehmer an dieser Expedition haben einige ihrer Aufnahmen auf der vorjährigen Berliner Städtebauausstellung vorgeführt und bei vielen die lebhafte Erwartung hervorgerufen, daß eine wissenschaftliche Veröffentlichung in Bälde erfolgen möge. Wissenschaftlicher und zuverlässiger als die vorstehenden skizzenhaften Darlegungen. Aber kaum jemand denkt an eine planmäßige Erforschung jenes gewaltigen Trümmerfeldes, und, was noch wichtiger ist, an die für die Erhaltung des Bestehenden unbedingt nötigen Sicherungsarbeiten! Der Verfall und die Zerstörung schreiten fort von Jahr zu Jahr. Am stärksten gefährdet sind das große Straßentor und die Front des Zeustempels. Von den Türken ist nichts, von den Syriern nur Unheil zu erwarten. Wo ist der Staat, wo der Fürst oder der reiche Kunstfreund, der es sich zur schönen Aufgabe stellt, von Zenobias glanzvoller Stadt zu retten, was noch zu retten ist!

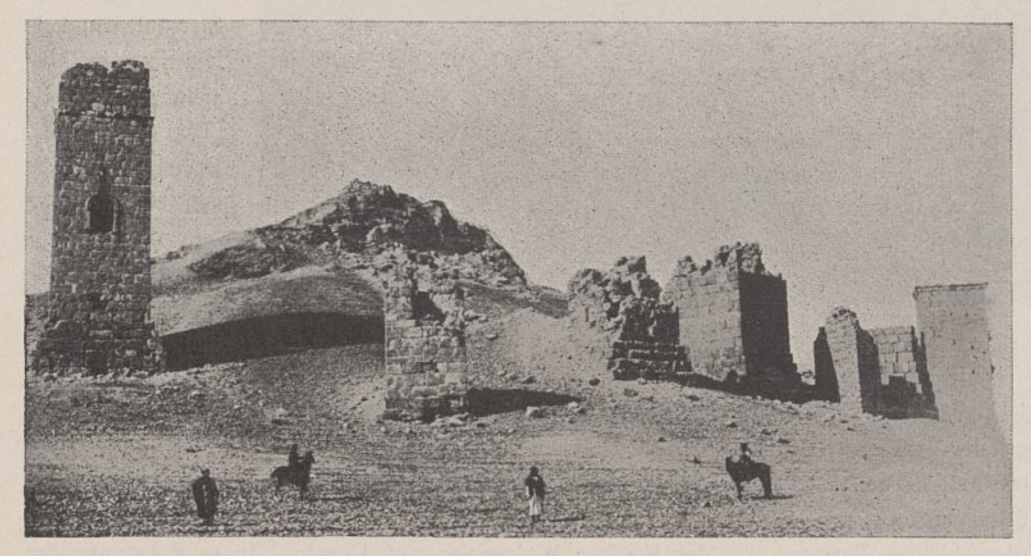


Abb. 41. Das Tal des Todes.

Das neue Stadthaus in Berlin.

Architekt: Geheimer Baurat Dr.-Ing. Ludwig Hoffmann in Berlin.

(Fortsetzung und Schluß aus Heft I bis III dieses Jahrganges.)

(Mit Abbildungen auf Blatt 1 bis 11 im Atlas.)

Die künstlerische Ausstattung im Innern des neuen Stadthauses beschränkt sich im wesentlichen auf die Eingangshallen an der Jüdenstraße und Klosterstraße, auf die große Halle als den einzigen Repräsentationsraum des Stadthauses und die beiden Sitzungssäle mit ihren Vorsälen an der Klosterstraße. Aber auch die Flurgänge und Treppenhäuser sind dabei nicht vergessen worden. Es war das Bestreben des Architekten, bei der Durchbildung eines jeden Raumes Zurückhaltung zu üben, aber bei der Bearbeitung jeder Einzelheit, auch der zunächst nebensächlich erscheinenden, eine künstlerische Wirkung zu erzielen. Nicht durch auffällige Motive, nicht durch aufdringliche große Maßstäbe der Einzelheiten oder gar durch eine Häufung von Motiven ist diese Wirkung erreicht worden. In den Flurgängen und Treppenhäusern ist der architektonische und bildnerische Schmuck äußerst sparsam verwendet worden zugunsten der vorbenannten Räume, die eine reichere Ausstattung erhalten haben.



Abb. 13. Wandteil der Eingangshalle an der Jüdenstraße.

Die Eingangshalle an der Jüdenstraße (Abb. 1 Bl. 5 u. 6 und Abb. 1 Bl. 10) liegt im Erdgeschoß des Turmes. Sie dient als Vorhalle zur Stadthalle und vermittelt den Hauptzugang zu den Flurgängen und den Treppen daselbst. Ihr Grundriß ist dem Turm entsprechend quadratisch. Die architektonische strenge Ausbildung ihrer Seiten wurde im wesentlichen durch Öffnungen und Pilasterstellungen bewirkt. Die Tagesbeleuchtung erfolgt mittelbar von der Eingangsseite her, oberhalb der Eingangstür und der beiderseitigen Pförtnerzimmer (vgl. Grundriß Abb. 1 Bl. 3). Das Halblicht der Eintrittshalle steht deshalb in wirksamem Gegensatz zu der helleren Tagesbeleuchtung der Stadthalle. Die oberen, durch kleine Werksteinpfosten schlitzartig gehaltenen Öffnungen der dem Eingang gegenüberliegenden Wand gewähren schon beim Eintritt einen Einblick in den hohen Raum der Halle. Vor den seitlichen Mittelpilastern sind zum besonderen Schmuck je zwei Ziersäulen aus hellem Euviller Kalkstein aufgestellt (Text-Abb. 13). Durch den feinen Maßstab der schmalen zartgegliederten Architekturen zwischen den großen Wandpilastern, sowie besonders durch die nach einem römischen Vorbild feingegliederten Säulenflächen ist eine Steigerung der Raumwirkung erzielt worden. In den achteckigen Feldern der Säulenschäfte wechseln Bären- und Berolinaköpfe. Die Säulen tragen das Berliner Wappentier auf Kugeln. Diese Bekrönung ist aus Bronze hergestellt und stammt wie die übrigen sehr streng gehaltenen Bildhauerarbeiten der Turmhalle von Professor Taschner. Die Decke dieses Raumes ist den

Wandpilastern entsprechend kassettenartig aufgeteilt und weiß geputzt.

Die Eintrittshalle an der Klosterstraße (Abb. 1 Bl. 5 u. 6) führt nicht unmittelbar zur Stadthalle, sondern sie vermittelt zunächst den Zugang zu den seitlichen Flurgängen und den Treppenhäusern in der Nähe der Sitzungssäle. Ihre Ausbildung ist im Gegensatz zur Turmhalle nach der Längsachse entwickelt (vgl. Abb. 1 Bl. 3). Sie ist durch zwei Reihen gekuppelter Säulen dreischiffig gegliedert; im breiten mittleren Teil dieser Halle steht an der Rückwand, dem Eingang gegenüber, ein äußerst reizvoller, mit zartem Bildwerk gezierter Brunnen als Hauptschmuckstück (Abb. 2 Bl. 10). Das Brunnenbecken aus rötlichem Veronamarmor mit dem in Bronze gegossenen Brunnenfigürchen steht vor einer Wandnische. Auch bei dieser Eintrittshalle sind die Zierteile fein im Maßstab gehalten zur Hebung der Größenwirkung der Säulen und damit des Raumes selbst. Säulen, Wände und Fußboden sind in grauem Muschelkalk ausgeführt, die steinernen Bänke an den Längswänden der Seitenschiffe bestehen wie das Brunnenbecken aus rötlichem Marmor. Die Bildhauerarbeiten (vgl. Text-Abb. 18) sind von Franz Naager und die Brunnenfigur von Ignatius Taschner ausgeführt. Durch die Ausbildung dieser beiden Eintrittshallen in dem grauen Kalkstein der Gebäudefronten wird das Äußere mit dem Innern in gute Verbindung gebracht und der Übergang zu der großen Stadthalle hergestellt, deren monumentale Architektur ebenfalls in grauem Muschelkalk ausgeführt ist.



Abb. 14. Blick in die Große Halle.

Die Stadthalle (vgl. Abb. 1 u. 2 Bl. 5 u. 6 und Bl. 9), die mit ihren Umgängen 1500 Personen faßt, soll, wie schon früher bemerkt, zur Abhaltung ernster Feierlichkeiten dienen, zu Empfängen bei Kongressen, zu Kundgebungen und auch bei Trauerfeiern. Diesem Zweck ist ihre Raumgestaltung und Ausbildung vorzüglich angepaßt. Für eine stimmungsvolle Raumwirkung war ihre Belichtung von größter Bedeutung; sie erfolgte deshalb nicht durch Oberlicht, sondern durch hohes Seitenlicht. Die hochgelegenen Rundbogenfenster an den beiden Schmalseiten und in den Gewölbestichkappen gestatten an hellen Tagen bei klarem Wetter ein Einfallen des Sonnenlichtes von morgens früh bis nachmittags gegen drei Uhr. Durch die Verglasung der Fenster mit Antikglas wird eine zu grelle Belichtung des Raumes verhindert. Zur abendlichen Beleuchtung dienen einfache Laternen und Kandelaber für elektrische Glühlampen, sowie verdeckt angebrachte elektrische Lichtkörper über dem weit ausladenden Hauptgesims. Diese verdeckt angebrachte Beleuchtung kann auch bei trübem Wetter zur Unterstützung der Tagesbeleuchtung eingeschaltet werden. Das Licht wird dann von der hellgeputzten Decke in den Raum geworfen. Auch bei grellem Sonnenschein wirkt das vom Tonnengewölbe zurückgeworfene Licht zur Milderung der auftretenden kräftigen Schatten von den durch kräftige Pfeiler und tiefe Öffnungen betonten Wandflächen.

Die Kalksteinarchitektur der Wände reicht bis zum Tonnengewölbe. Wie bei den beiden Eintrittshallen, ist auch hier der rötliche Veronamarmor verwendet worden, und zwar

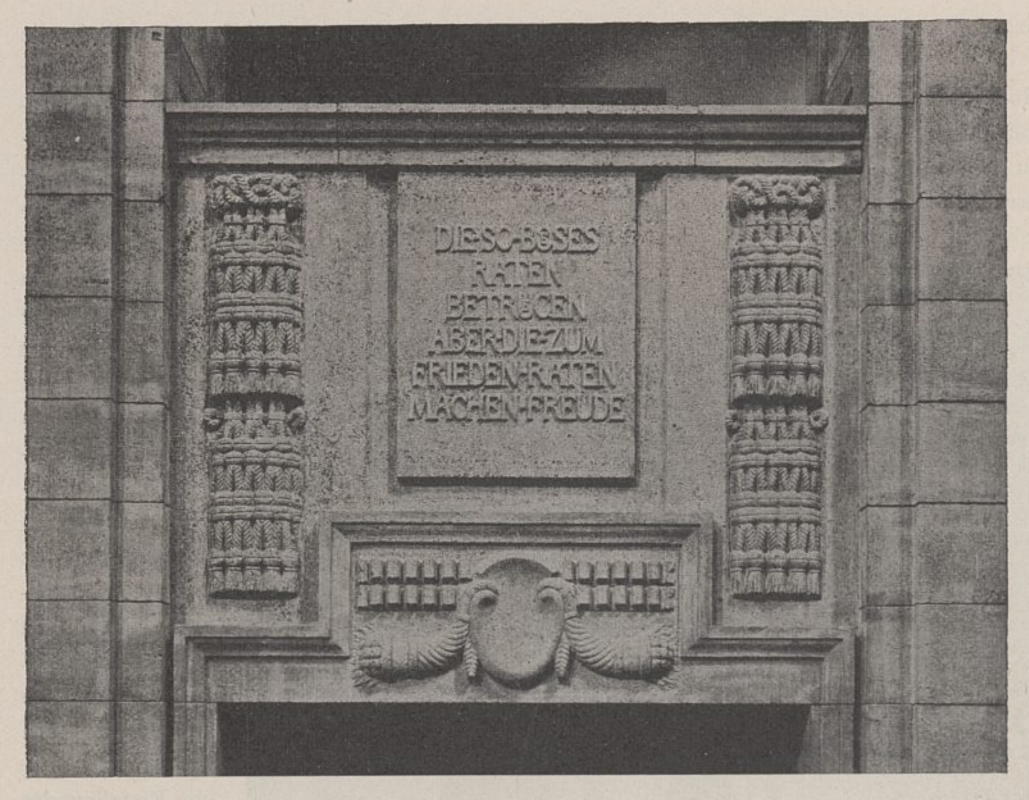


Abb. 15. Brüstung in der großen Halle.

als Fußbodenbelag. Der sehr streng gehaltene bildnerische Schmuck der Wände ordnet sich ihrer Architektur unter. Er besteht in Masken und Gehängen ähnlich wie in den Eintrittshallen. Über den Bogenöffnungen im Erdgeschoß sind in lesbarer Höhe Tafeln angebracht (vgl. Text-Abb. 15 u. 16), auf denen Sinnsprüche eingemeißelt sind zur Nachachtung für die im Hause Verkehrenden. In der Achse der Halle begrüßt den Eintretenden das Berliner Wappentier, ein bronzener Bär, der vor der Rückwand auf hohem Sockel in Überlebensgröße aufgestellt ist (Text-Abb. 14 u. Bl. 9). Vor den beiden Längswänden stehen je drei in streng naturalistischen Akanthusformen entworfene Bronzekandelaber als ausgezeichnet gelungene Schmuckstücke (Text-Abb. 17). Sie sind das Werk Wrbas, von dem auch alle übrigen Bildhauerarbeiten der Halle stammen.

Die beiden Säle liegen in der Mitte der Klosterstraßenfront und sind daselbst durch das Risalit mit Säulenstellungen gekennzeichnet. Der Sitzungssaal im zweiten Stockwerk (Abb. 1 Bl. 5 u. 6 und Abb. 1 Bl. 11) ist als solcher dadurch besonders eigenartig gestaltet, daß um den ovalen Sitzungstisch mit seinen Sesseln Säulen in den sonst rechteckigen Raum gestellt sind. Diese ovale Form kehrt in der Ausbildung der Decke wieder. Die Säulen wurden aus rötlichem Veronamarmor, der bis zur Glanzwirkung geschliffen ist, ausgeführt. Zu den Kapitellen und Basen wurde grauer Istriastein verwendet; aus gleichem Gestein sind die Türumrahmungen und Fensterbrüstungen ausgeführt. Durch das zart gehaltene Ornament der Beleuchtungskrone inmitten der Saaldecke, die in demselben feinen Maßstabe wie das Ornament der vier Wände gehalten ist, wird ein Zusammenklang aller Schmuckstücke erzielt. Im Gegensatz zu dem vorbeschriebenen Sitzungssaal ist der darüber liegende als großer rechteckiger Raum überwölbt (Abb. 1 Bl. 5 u. 6 und Abb. 2 Bl. 11). Er hat tiefe Fensternischen an der Straßenfront erhalten. Die kurzen seitlichen Wände sind gut belichtet, so daß der hier angebrachte zarte, aus Istriamarmor gearbeitete Bildhauerschmuck der Türumrahmungen (vgl. Text-Abb. 26 und Abb. 2 Bl. 11) zu bester Wirkung kommt. Einige Rundbilder in den Nischen der Fensterwand und drei kleinere Türen in der gegenüberliegenden Längswand wurden in gleich feinem Maßstabe und in ähnlichem Charakter behandelt; auch diese Teile wurden aus Istriamarmor ausgeführt, so daß auch hier eine einheitliche Wirkung erzielt worden ist. Die kleinen Türen der Längswand erhielten ihren Reliefschmuck der besseren Belichtung wegen in den Leibungen. Die Holztüren wurden dunkel gebeizt und etwas vergoldet. Diese Behandlungsweise wurde an den Möbeln des Saales wiederholt. Die Beleuchtungskörper an den Wandpfeilern und in der Mitte klingen in ihren Motiven an die übrigen Schmuckstücke des Raumes an. Im Gegensatz zu diesen zahlreichen künstlerisch behandelten Einzelheiten, die durch



Abb. 16. Brüstung in der großen Halle.

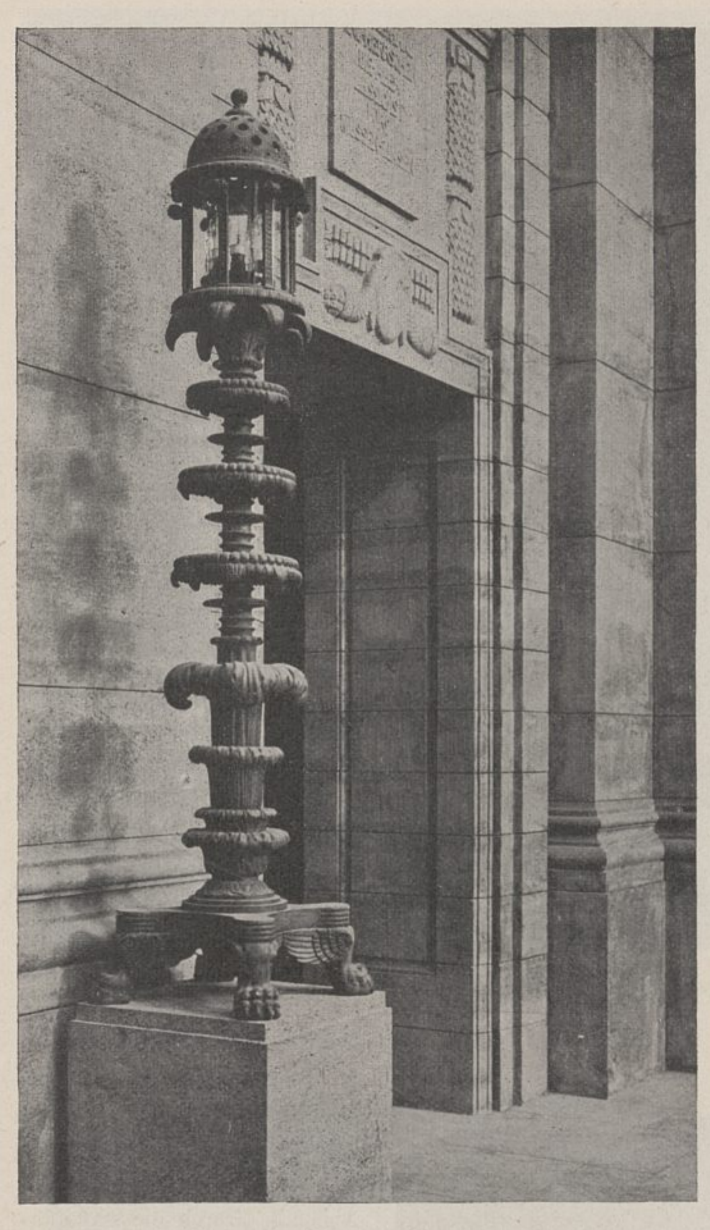


Abb. 17. Kandelaber in der großen Halle.
(Bildhauer Prof. Georg Wrba.)



Abb. 18.
Wandschmuck in der Eingangshalle an der Klosterstraße.
(Bildhauer Prof. Franz Naager.)

die dunkle Behandlung stark in die Erscheinung treten, sind Decken und Wände einfach behandelt; aber auch hier klingen in einzelnen Teilen die dunkle Tönung der Türen und die Schmuckstücke ihrer Umrahmung wieder. Die Ausbildung dieser beiden Sitzungssäle ist aus den Abb. 1 u. 2 Bl. 11 ersichtlich.

In ähnlich feinfühliger Weise wurden die ihnen vorgelagerten Warteräume ausgebildet (Abb. 1 Bl. 5 u. 6). Diese beiden Vorsäle sind ebenso wie der unter ihnen liegende Warteraum im ersten Obergeschoß mit Sitzmöbeln und Beleuchtungskörpern ausgestattet. Der Warteraum des ersten Obergeschosses ist auf zwei Mittelpfeilern mit sechs kreuzgewölbten Feldern überdeckt (vgl. Text-Abb. 20 und Grundriß Abb. 2 Bl. 4). Zwischen Türen und Fensterwand stehen vor den beiden Seitenwänden einfach geschnitzte Holzbänke, darüber sind Wandreliefs aus Istriastein in die Wände eingelassen. Der über diesem Warteraum im zweiten Obergeschoß gelegene Vorsaal hat ein rötliches Marmorpaneel erhalten mit davor gestellten Bänken aus dem gleichen Stoff. In die geputzten und hell gestrichenen Wände sind Steinreliefs eingesetzt; der Raum ist mit einer gemalten Holzkassettendecke überdeckt (vgl. Text-Abb. 19 u. 27). Der im dritten Obergeschoß gelegene Vorsaal zeigt ebenfalls eine Holzdecke; auf zwei geschnitzten Unterzügen liegen die ebenfalls geschnitzten Holzbalken (Text-Abb. 21). In die grün gestrichenen geputzten Wände sind kleine Kartuschen eingelassen. Die sonstige Ausstattung entspricht den beiden vorerwähnten Warteräumen.

Sämtliche Flurgänge und Treppenhäuser sind überwölbt und geputzt und haben weißen Anstrich erhalten, ihre Fußböden sind mit Terrazzo belegt. Die zu den Geschäftsräumen führenden Türen sind mit Muschelkalk umrahmt, in den an einzelnen gut verteilten Stellen leichtes Bildwerk ohne Modell eingemeißelt ist. In ähnlicher Weise wurden auch die Vorräume der Treppen durch kleine in die Wände eingelassene Bildwerke geschmückt (Text-Abb. 22). Sie stammen alle von Franz Naager, der auch die bildhauerischen Arbeiten in den Sitzungssälen gefertigt hat.

Die Ausführung des Baues bietet mancherlei Bemerkenswertes, auf das im Nachstehenden kurz eingegangen werden soll. Bei der Gründung des Stadthauses haben sich dank des guten Baugrundes keine Schwierigkeiten ergeben, so daß statische Berechnungen im wesentlichen nur auf den Turm und die Halle beschränkt blieben. Der 84 m hohe Turm, dessen Baukörper inmitten der Jüdenstraßenfront steht, verlangte eine eingehende Berechnung und konstruktive Durchbildung. Beides, sowie die Berechnung der übrigen statisch nachzuweisenden Konstruktionen führte der Regierungsbaumeister a. D. und Privatdozent Karl Bernhard in Berlin aus. Er hat eine ausführliche Beschreibung der konstruktiven Ausbildung des Stadthausturmes und seiner statischen Berechnung im 1. Hefte Jahrgang 1912 der Zeitschrift des Verbandes deutscher Architekten- und Ingenieurvereine veröffentlicht. Wir entnehmen dieser Veröffentlichung die nachstehenden kurzen Mitteilungen:

Der Turm steht auf vier annähernd quadratischen Eckpfeilern von etwa 4,5 m Seite im vierten Obergeschoß in der Höhe *ab* des Schnittes Abb. 1 Bl. 5 u. 6. Diese vier Beine setzen sich in Höhe der Kellersohle auf eine starke durchgehende Grundplatte aus Eisenbeton. Sie ist annähernd

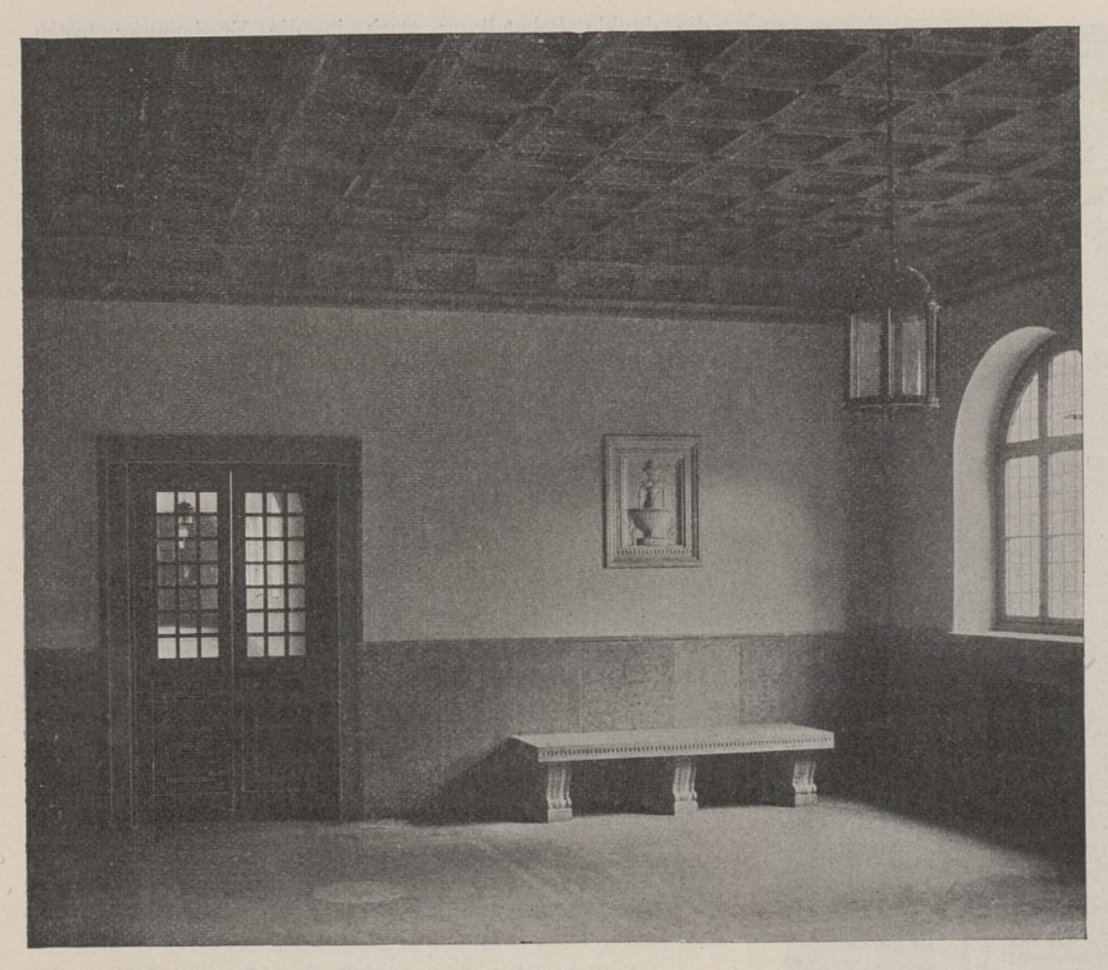


Abb. 19. Vorsaal im zweiten Obergeschoß. (Vgl. Text-Abb. 27).



Abb. 20. Warteraum im ersten Obergeschoß.

quadratisch von 34 m Seite an der Jüdenstraße (vgl. Text-Abb. 24 u. 25). In der Höhe des Dachfirstes sind diese vier Pfeiler durch elliptische Bögen verbunden zur Aufnahme einer quadratischen Plattform, auf die sich der obere runde freistehende Turmschaft aufsetzt (vgl. Abb. 1 u. 6 Bl. 5 u. 6). Da der gute Baugrund schon unter der Kellersohle ansteht, so konnte die Bausohle auf nur 4,3 m unter Straßenpflaster festgelegt werden. Die Fundamentsohle ist in Text-Abb. 24 u. 25 dargestellt, sie liegt auf 31,10 über N.N.; auf ihr erheben sich 23,2 m hoch die vier Hauptpfeiler des Unterbaues bis auf + 54,3 m über N.N. Die Pfeilerquerschnitte sind im Mittel etwa 35 qm groß und weisen infolge Anordnung von Nischen und sonstigen kleinen Raumaussparungen verschiedene Gestaltung auf, was bei der Verteilung der Spannungen besonders zu berücksichtigen war. Der Übergang von den Pfeilern in die elliptischen Bögen erfolgte durch allmähliche Auskragung, die in Höhe des dritten Turmgeschosses beginnt (Text-Abb. 23). Durch die staffelförmigen Zwickelvorkragungen in den Ecken der vier elliptischen Bögen wurde alsdann die Plattform in der Höhe der Attika, also etwas unter dem Dachfirst des Gebäudes, auf + 65,8 Höhe geschlossen (Abb. 1 u. 6 Bl. 5 u. 6). In der Mitte der Plattform ist nur die Öffnung für die im obersten Stockwerk beginnende Wendeltreppe und für den daneben liegenden bis zur Turmkuppel führenden Personenaufzug frei gelassen. Die schiebenden Kräfte aus den erwähnten vier Bögen sind durch eine mit Beton umstampfte eiserne Verankerung aufgenommen. Diese Gewölbe sind aus Klinkermauerwerk, die Auskragungen und Kämpfer zur Vermeidung schwieriger Steinkonstruktionen aus gutem Stampfbeton hergestellt. Der



Abb. 21. Decke des Vorsaales im dritten Obergeschoß.



Abb. 22. Treppenpfeiler.
(Bildhauer Prof. Naager.)

33,55 m hohe Turmschaft enthält sechs Geschosse (Abb. 1 und 3 bis 7 Bl. 5 u. 6). In jedes dieser Geschosse ist in Höhe der Fensterbrüstungen eine biegungsfeste Trommel aus eisernem Raumfachwerk zur Verankerung eingemauert, um einen steifen Zusammenhang des Turmschaftes zu gewähren. Der freie Innenraum enthält die bereits erwähnte Wendeltreppe und den Personenaufzug. Über der obersten Plattform erhebt sich eine in Eisenfachwerk ausgeführte Kuppel, deren äußerer Durchmesser 11,5 m und deren Höhe rd. 10 m beträgt. Diese ist mit Ziegeln eingedeckt und von der rd. 3,20 m hohen Bronzefigur der Flora bekrönt.

Bei der konstruktiven Gestaltung des Turmes ist von dem Gesichtspunkte ausgegangen, durch mäßige Beanspruchung der vorzüglichen Baustoffe eine große, den monumentalen Zwecken entsprechende Standsicherheit zu erreichen. Alle Kräfte und Lasten aus der Kuppel und dem runden Aufbau sind durch den Stützkörper in den viereckigen Unterbau, die Grundplatte und schließlich in den Baugrund mit reichlicher Sicherheit übertragen worden; das ist durch umfangreiche statische Untersuchungen, auf die hier nicht weiter eingegangen werden kann, festgestellt. Der Aufbau des Turmes ist in seiner allgemeinen Anordnung aus dem Längsschnitt Bl. 5 u. 6 ersichtlich. Durch Bohrungen bis 20 m Tiefe war ermittelt worden, daß in Höhe des Grundwasserspiegels, d. h. etwa von 4,3 m unter Straßenoberfläche ab, mittelscharfer Sand und darunter Kies von ausreichender Mächtigkeit vorhanden war, so daß man mit Sicherheit schon über Grundwasser die Baugrundbelastung mit 3 bis 3,5 kg/qcm annehmen konnte. Die Baugrube brauchte nirgends erheblich tiefer als die

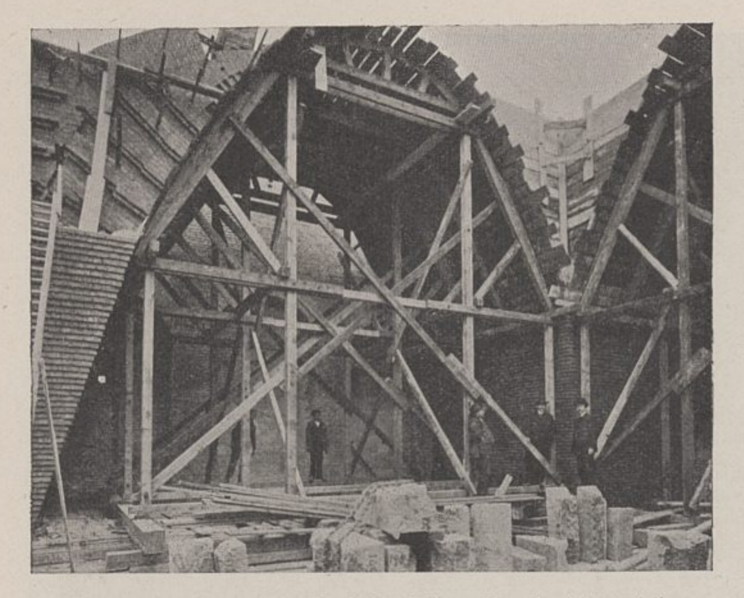


Abb. 32. Ausführung der elliptischen Bögen über den Turmpfeilern.

Bausohle der bereits vorher ausgeführten benachbarten Bauteile des Stadthauses zu liegen; deshalb konnte von besonderen Sicherheitsvorkehrungen und Absteifungen des fertigen Mauerwerks abgesehen werden. Ein ungleiches Setzen hat sich nach Fertigstellung des Turmes nirgends gezeigt. Die Anschlüsse des Turmmauerwerks an das der früher fertig gestellten Gebäudeteile zeigen keinerlei Risse. Wie schon bemerkt, wird die ganze Turmlast im wesentlichen von den vier starken Pfeilern auf eine etwa rechteckige Eisenbetongrundplatte von 34 zu 29 m Seitenlänge übertragen. Die Pfeiler erhielten zwischen Keller- und Erdgeschoßfußboden einen Anlauf von 2:1 (vgl. Text-Abb. 24). Die im Mittel 1,6 m starke Eisenbetonplatte erhielt dabei an den Außenseiten noch so große Biegungsmomente, daß an diesen Stellen die Platte bis auf 2,35 m verstärkt worden ist (Text-Abb. 24). Die Lage der oberen und unteren Eiseneinlagen der Platte ist aus der Text-Abbildung 25 ersichtlich. Um die Gründungsarbeiten mit Sicherheit vor endgültiger Feststellung aller Einzelheiten des architektonischen Aufbaues beginnen zu können, wurden bei der Berechnung die Lasten vorsichtshalber reichlich und gleichzeitig die Bodenpressungen um etwa 10 vH. niedriger als die festgesetzte Grenze von 3,5 kg/qcm angenommen. So wurde auch die Beanspruchung des Betons, welcher aus einer Mischung von einem Teil Rüdersdorfer Portlandzement zu vier Teilen Elbkies bestand, nur zu 20 kg/qcm angenommen.

Außer den vier Turmpfeilern stehen auf dem Grunde der Platte noch eine Anzahl kleinerer Pfeiler, sowie ein Teil der Treppenhausmauern. Die Gesamtlast, welche die durchgehende Grundplatte zu übertragen hat, beträgt etwa 26000 t. Die Mittelkraft sämtlicher Lasten liegt ungefähr in der Mitte, so daß von einer Berücksichtigung exzentrischer Belastung in der Bausohle abgesehen werden konnte. Auch der Einfluß des Windes ist gegenüber den gewaltigen lotrechten Lasten sehr gering. Bei Annahme eines wagerechten Winddruckes von 150 kg/qm beträgt die Belastung für den Teil des Turmes über dem Dache des Gebäudes rd. 100 t. Bei der Ermittlung dieser Kraft war der Einfachheit halber ein Zylinder von 60 m Höhe angenommen. Hierdurch entstehen Zuschläge in den Kantenpressungen von nur 0,12 kg/qcm. Da die größte Pressung durch senkrechte Lasten zu 3,1 kg/qcm ermittelt war, so beträgt der Einfluß des Windes auf die Baugrundpressung also nur etwa 3,9 vH.

Rüstungen und Hebevorrichtungen. Über die Rüstungen zum Versetzen der Werkstücke sowie über die Hebevorrichtungen ist kurz folgendes zu bemerken: Das Versetzen der Werkstücke an den Straßenfronten sowie der Stadthalle erfolgte in üblicher Weise von einer verbundenen hölzernen Rüstung aus, mit der die nötigen eisernen Auslegerkrane und Winden verbunden waren. Für das Versetzen der Werkstücke der Turmfront in der Jüdenstraße und des oberen

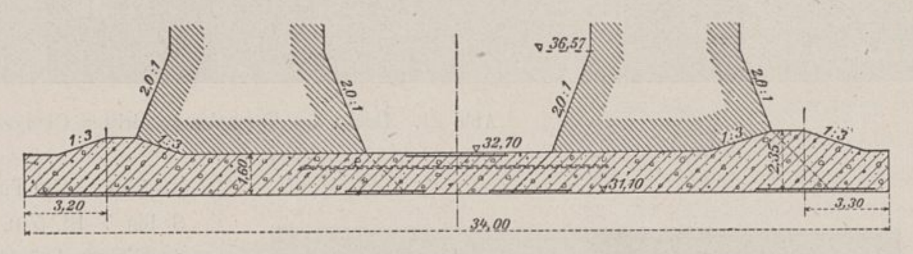


Abb. 24. Schnitt durch die Eisenbetonplatte unter dem Turm.

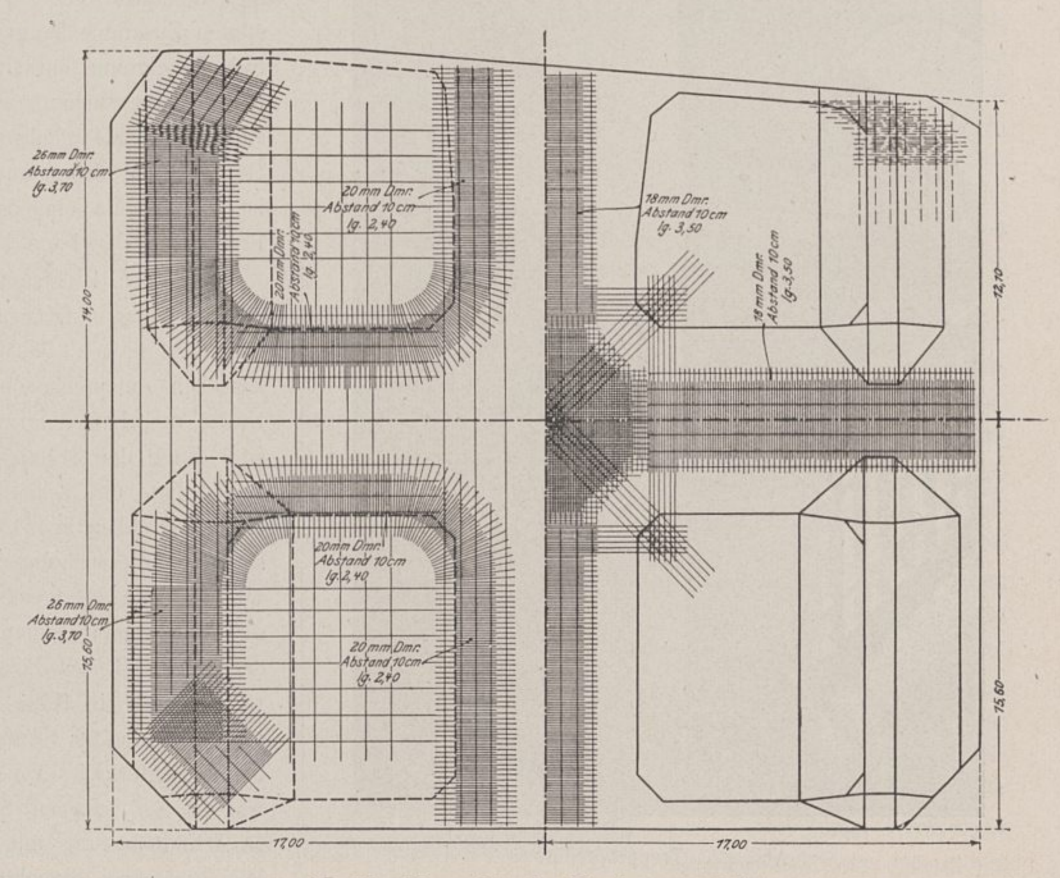


Abb. 25. Oberansicht der Eisenbetongrundplatte.

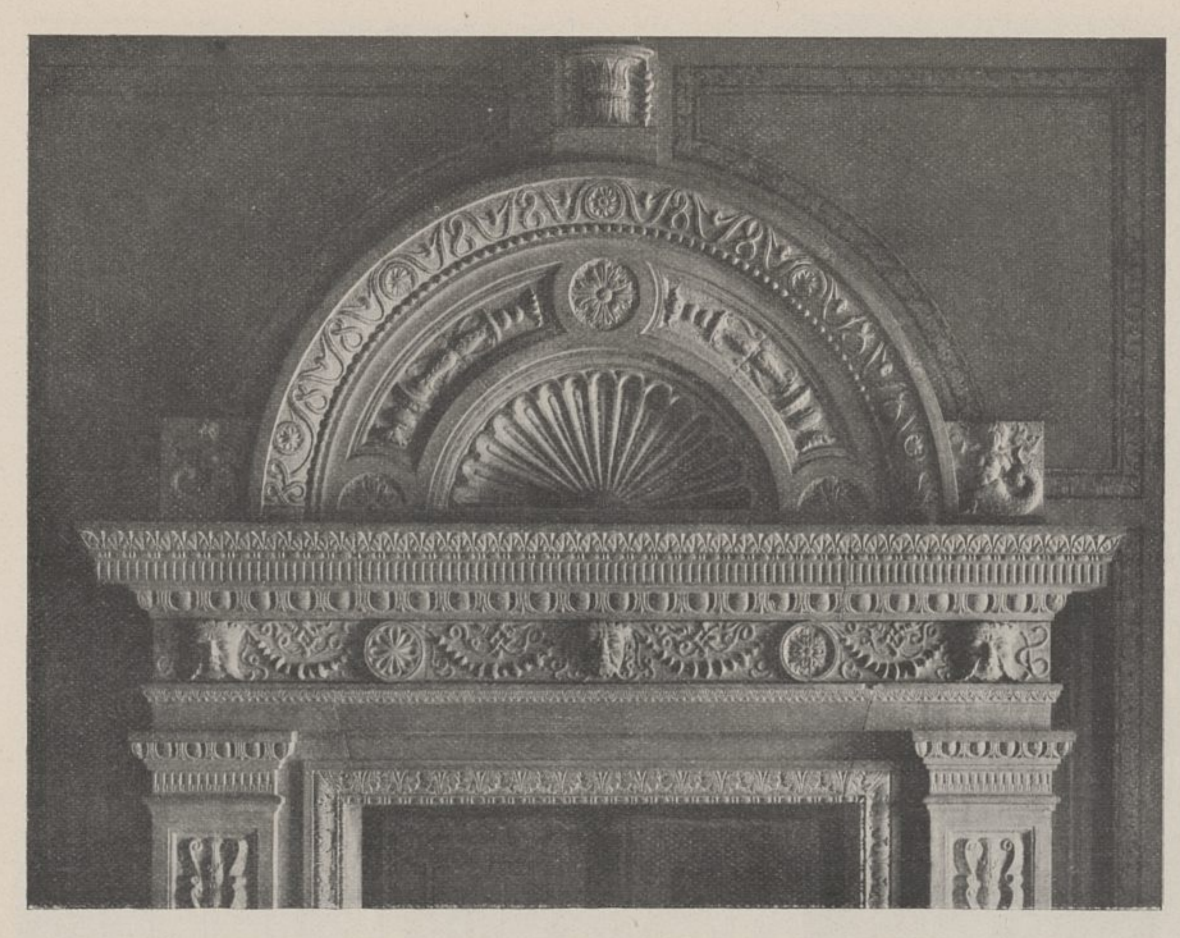


Abb. 26. Oberteil der Türumrahmung im Sitzungssaal. Drittes Stockwerk.
(Marmor. Bildhauer Prof. Naager.)

freistehenden Teiles des Turmes wurden besondere Vorkehrungen getroffen. An der Jüdenstraße wurde die verbundene Rüstung so hoch geführt, daß von hier noch die Werksteine des oberen Attikagesimses versetzt werden konnten (Text-Abb. 28). Für den runden Turmteil wurde auf der quadratischen Plattform der Attika eine besondere statisch berechnete Krananlage errichtet (Text-Abb. 29 bis 31 u. 34). Sie ruhte auf einem nach und nach erhöhten Holzgerüst von quadratischer Grundform mit 7 m Seitenlänge (Text-Abb. 29 u. 30). Ihr Fuß war mit dem darunter liegenden Mauerwerk fest verankert. Die Krananlage bestand in ihren Hauptteilen aus vier drehbaren, über jeder Ecke des Holzgerüstes befindlichen Auslegern, welche so eingerichtet waren, daß die Ausladung durch Heben und Senken des Auslegers vergrößert oder verkleinert werden konnte. Die Last wurde außerhalb des Turmmauerwerks gehoben und auf die Verwendungsstelle niedergelassen. Die Ausleger waren auf einem aus Trägern bestehenden Rahmen aufgestellt, der mit einem 5 cm starken Bohlenbelag versehen war. Auf dieser Arbeitsbühne standen die elektrisch betriebenen Winden nebst Motoren. Hier hatten auch die Bedienungsmannschaften, für jeden Ausleger ein Mann, ihren Stand. Bei der statischen Berechnung dieser Krananlage wurde für jeden der zur Verwendung kommenden Ausleger eine größte Nutzlast von 3500 kg angenommen. Die freie Länge des Auslegers betrug 7 m und die Höhe der Kransäule 3,78 m.



Abb. 27.
Wandschmuck aus Marmor im Vorsaal. Zweites Stockwerk.
(Bildhauer Prof. Naager)

Zum Versetzen der Werksteine der obersten Turmgeschosse gelangte auf der eisernen Balkenlage des letzten Turmgeschosses eine besondere eiserne Windevorrichtung zur Aufstellung mit einem mächtigen Auslegerkran, der lange Zeit hindurch mit dem noch unfertigen Turm ein Wahrzeichen Alt-Berlins bildete (Text-Abb. 38 u. 39). Die Windevorrichtung bestand aus einem Mast von Eisenfachwerk, dessen quadratischer Grundriß 1,2 m Seite hatte. Der Mast war rd. 10 m hoch (Text-Abb. 35). In mittlerer Höhe war er mittels Drahtseils nach der Balkenlage hin verankert. Auf dem Mast lag ein Drehschemel zur Aufnahme des eigentlichen Krans. Die Ausladung des Kranarmes betrug 10 m. Der Ausleger war einer höchsten Aufzugslast von 2500 kg entsprechend mit einem Gegengewicht ausgeglichen.

Die Winde stand auf der Decke des

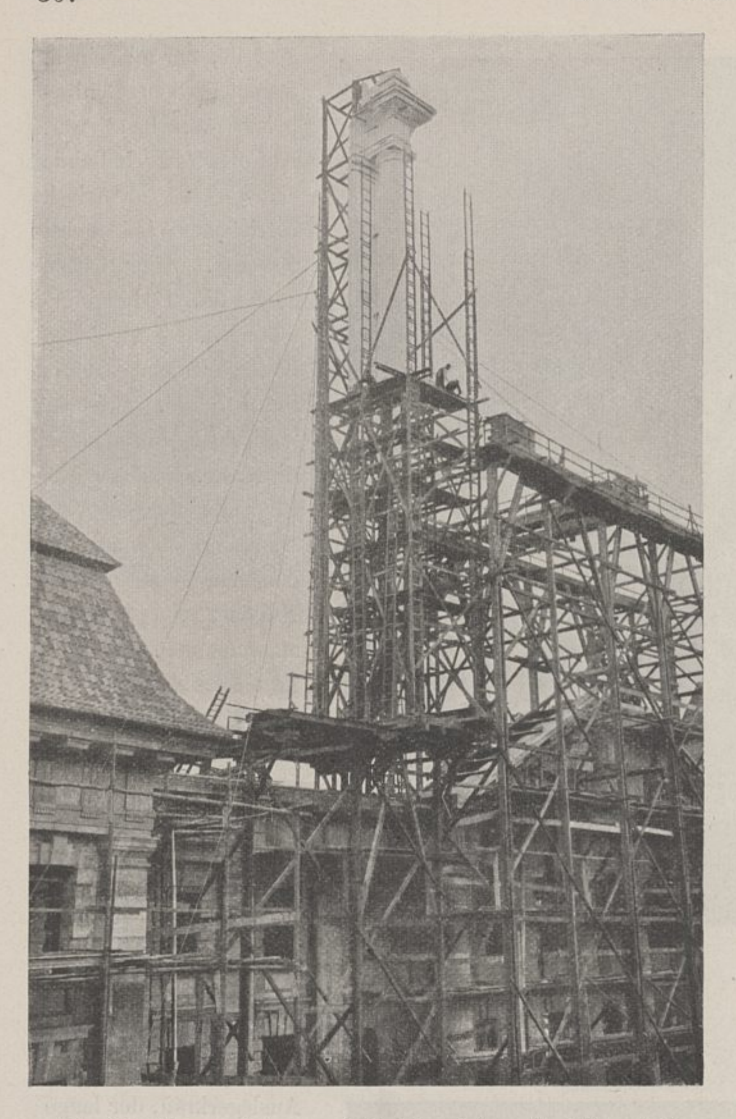


Abb. 28. Versetzrüstung und Modellgerüst an der Jüdenstraße.

obersten Turmgeschosses, die mit einem Bohlenbelag abgedeckt war.

Verankerung der Werksteine. Von den Verankerungen, die beim Versetzen der Werksteine in Anwendung kamen, verdient die des Hauptgesimses besonders erwähnt zu werden. Wie die Text-Abb. 32 zeigt, ist zunächst zur Entlastung der Fenstersturze des obersten Geschosses, sowie zur Entlastung der darüber liegenden Architrave außer dem hinter dem Gesimsfries gemauerten Entlastungsbogen ein Träger angeordnet. Er nimmt die Friesquadern auf, die nur in einer Einbindungsstärke von 23 cm ausgeführt sind. Diese Friesstücke sind, um ein Überkippen zu verhüten, durch Splintanker gesichert. Besondere Vorsicht war bei der Hängeplatte geboten die mit den Konsolen aus einem Stück gearbeitet ist. Diese Hängeplatte hat vor der Friesflucht die außergewöhnlich weite Ausladung von 1,1 m. Da über dem zwischen Fries und Konsolen liegenden Gesimsstück eine hohle Fuge angeordnet ist, um ein Absprengen von Gesteinstücken zu vermeiden, so beträgt die Einbindungstiefe der Hängeplatte hinter der Flucht des aufgehenden Mauerwerks nur 17 cm. Wie die Verankerung der Hängeplattenstücke erfolgt ist, zeigen die Text-Abb. 32 u. 33. Durch Einlassen eines I-Trägers N.P. 19 in die Platte ist ihr Auflager bis zur Hinterkante des aufgehenden Mauerwerks verbreitert. Durch die unter diesem Hängeplattenträger vorgesehenen Träger Nr. 24 bezw. 27 wird die Last der Hängeplatte und ihrer Sima nebst Hintermauerung auf die

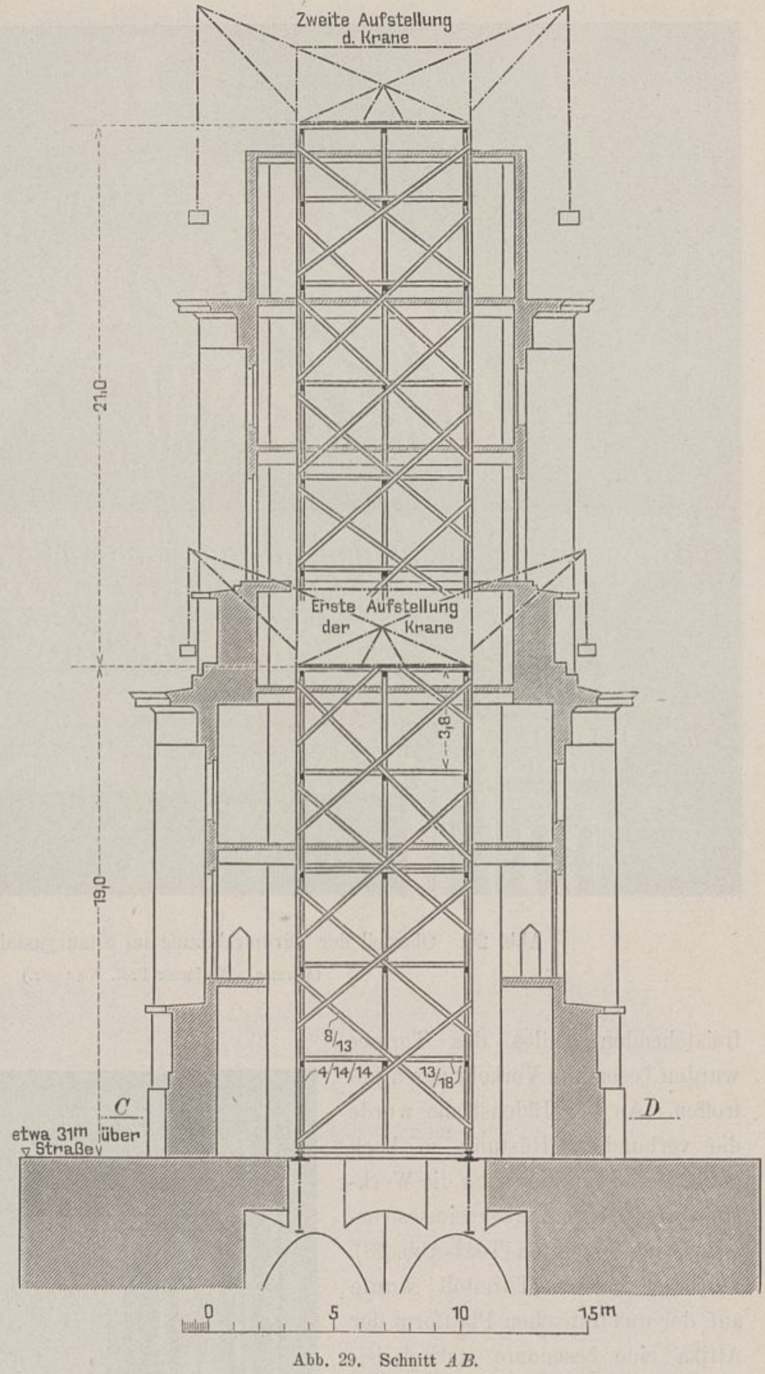


Abb. 29. Schnitt *AB*.

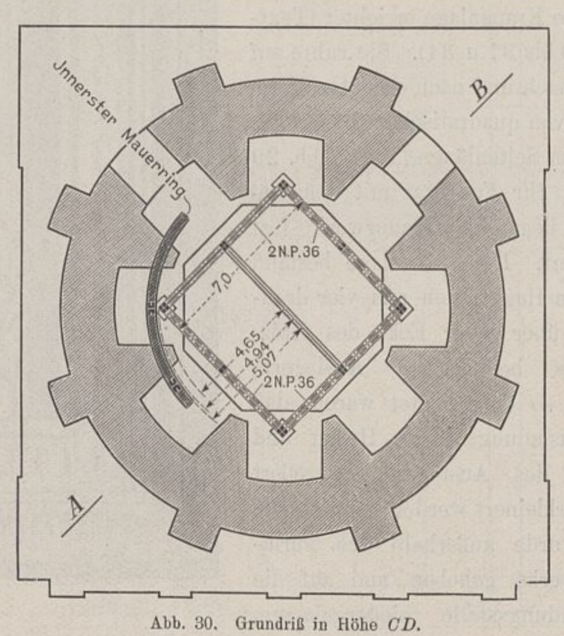


Abb. 30. Grundriß in Höhe *CD*.

Abb. 29 u. 30.
Krangerüst mit Krananlage zur Aufführung des runden Turmteils.

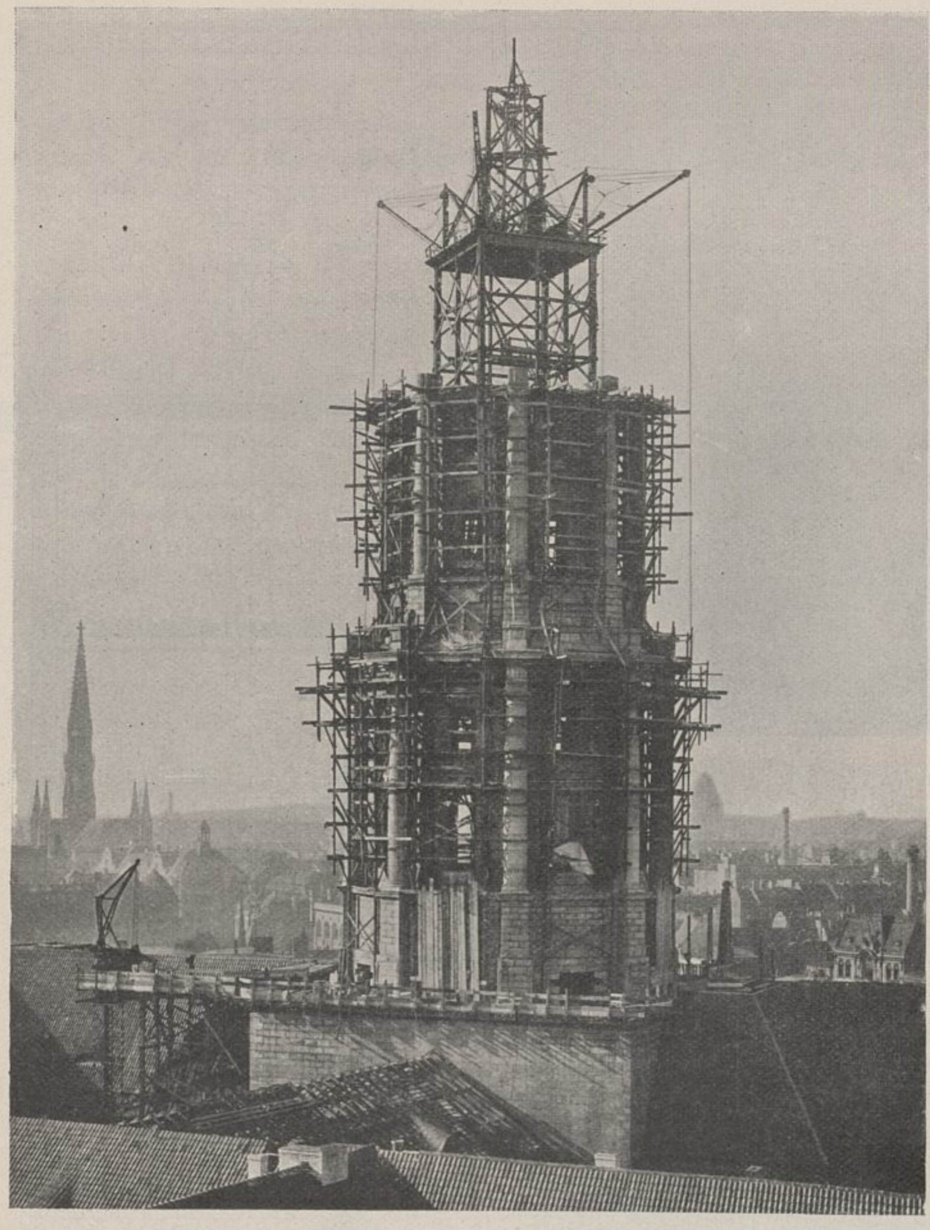


Abb. 31. Krananlage für den runden Turmteil.

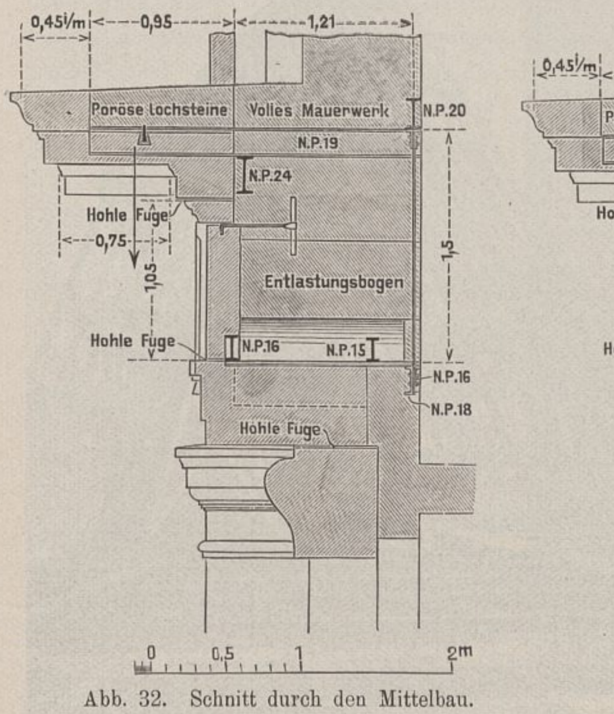


Abb. 32. Schnitt durch den Mittelbau.

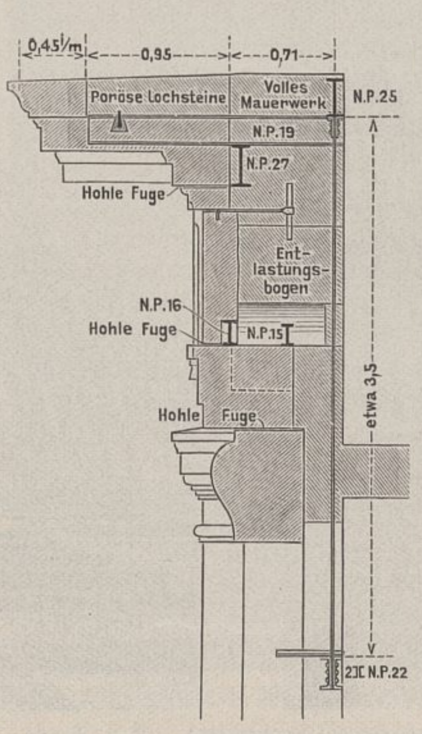


Abb. 33. Schnitt durch die Rücklage.

Abb. 32 u. 33. Verankerung des Hauptgesimses der Fronten.

zwischen den Frontfenstern liegenden Pfeiler übertragen. Um ein Kippen des weitausladenden Gesimses zu vermeiden, das beim Begehen und bei etwaigen Ausbesserungsarbeiten bewegliche Lasten aufnehmen muß, ist der am Ende des Hängeplattenträgers vorgesehene Längsträger nach unten hin in den Pfeilermitten kräftig verankert.

In ähnlicher Weise wie die hier zur Darstellung gebrachte Hauptgesimsverankerung der Fronten wurden auch die Turmgesimse gesichert. Diese Verankerungen sind zum Teil mit den in Höhe der Turmfensterbrüstungen vermauerten Ringankern, von denen oben die Rede war, verbunden. Eine besondere konstruktiv durchgearbeitete Verankerung mittels eiserner Träger war auch bei dem großen Giebel der Turmattika in der Jüdenstraße erforderlich, weil hier die schweren Werkstücke für die weit vortretenden Kartuschen gleich mit den übrigen Quadern in Bossen versetzt und erst später am Bau bearbeitet wurden.

Heizung und Lüftung. Zu der Ausstattung des Gebäudes mit einer Heizungsanlage sei kurz erwähnt, daß eine Hochdruckdampfkesselanlage zur Erzielung der erforderlichen Wärme im Kellergeschoß aufgestellt ist. Die vier Kessel haben je 80 qm wasserberührte Heizfläche. Die Flurgänge, sowie die Mehrzahl der Nebenräume werden mit Niederdruckdampf, die Bureauräume mit Warmwasser geheizt. Die wagerechten Dampf-, Warmwasser- und Kondenswasserleitungen sind in begehbaren Gängen unter dem Kellerfußboden untergebracht. Die erste Verteilung der Wärme erfolgt nur durch Dampf und zwar für die Wasserheizungen bis zu den mittleren Entfernungspunkten der 13 verschiedenen Heizrohrnetze. Hier wird das Wasser durch Gegenstromapparate auf die gewünschten Temperaturen erwärmt. Einstellbare, selbsttätige Wärmeregler sorgen dafür, daß die betreffenden Wärmegrade eingehalten werden. Die Bureauräume sind an die Heizrohrnetze möglichst so angeschlossen, daß Räume gleicher Windrichtung zu gleichen Rohrnetzen gehören. Dadurch ist die Möglichkeit gegeben, daß die einzelnen Heiznetze sowohl nach der Außenwärme gemeinsam als auch nach der herrschenden Windrichtung verschieden erwärmt werden können. Eine Ausnahme in der Heizung macht die große Halle; ihrem Zweck als Versammlungsraum entsprechend ist sie mit einer Dampfluftheizung versehen, die es mittels Ventilatoren gestattet, frische angewärmte Luft in genügender Menge derartig zuzuführen, daß Zugerscheinungen vermieden sind. Sämtliche

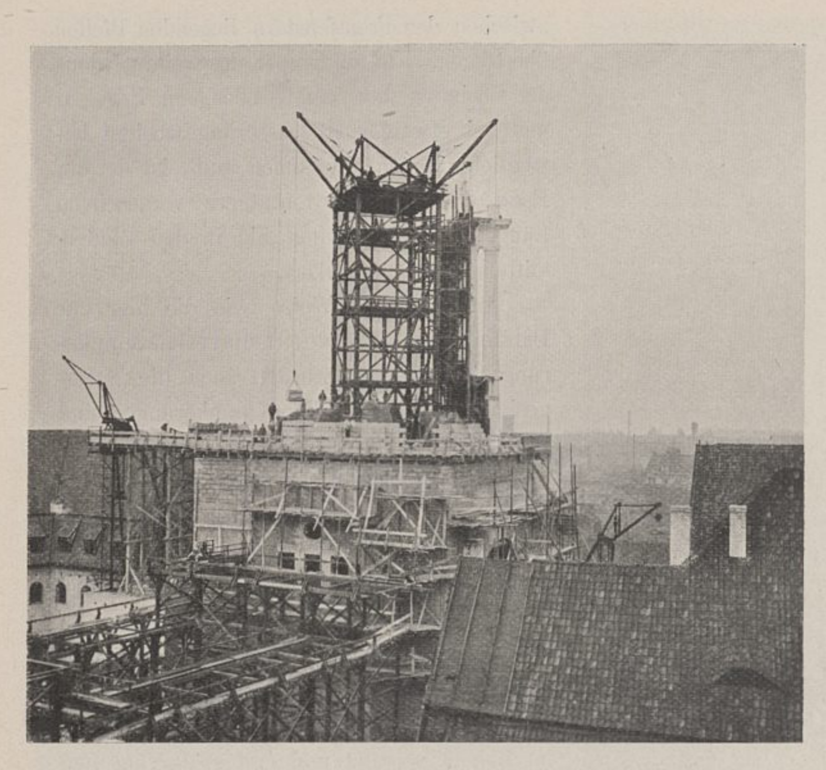


Abb. 34. Gerüst und Krananlage für den runden Turmteil.

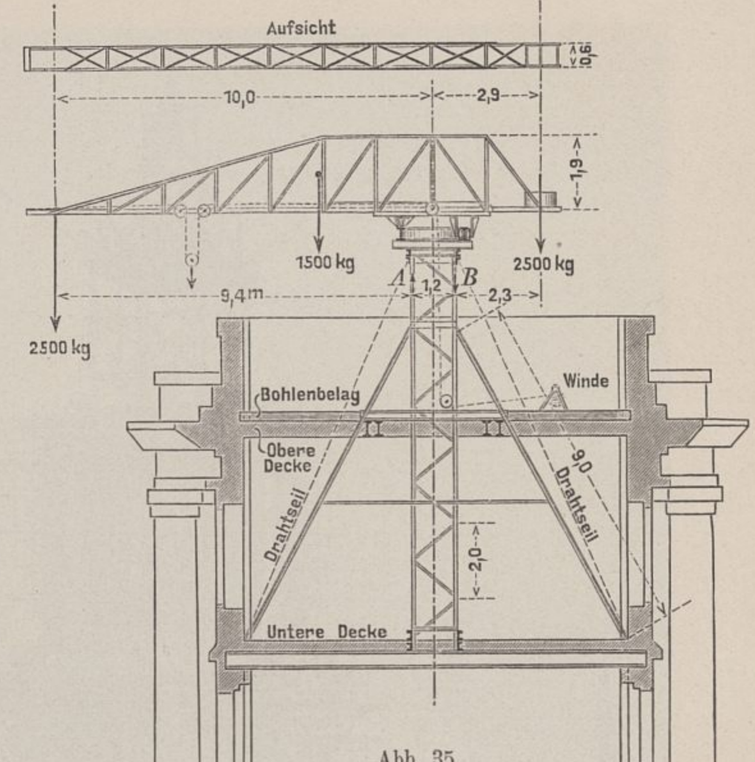


Abb. 35.
Auslegerkran für das oberste Turmgeschoß und die Kuppel.

Bureauräume und Flurgänge sind ausreichend mit Abluftschächten versehen, deren Öffnungen durch verstellbare Klappen geregelt werden können.

Elektrische Licht- und Kraftanlage. Die elektrische Licht- und Kraftanlage, welche insgesamt rd. 1350 fest angebrachte Glühlampen von 25 bis 100 NK, rd. 880 Anschlußdosen, 45 Bogenlampen, rd. 510 Röhrenlampen von 25 NK und 8 Motoren mit zusammen 46 PS umfaßt, ist an das Netz der Berliner Elektrizitäts-Werke angeschlossen und wird mit Gleichstrom von 2×110 Volt gespeist. Zu diesem Zweck sind von dem Straßennetz der Berliner Elektrizitäts-Werke sechs getrennte Zuleitungen, sogenannte Hausanschlüsse, in das Gebäude hineingeführt. Von diesen dienen vier, welche in den vier Ecken des Gebäudes aufgestellt sind, für die Beleuchtung aller Räume und Flurgänge mit Ausnahme der Festbeleuchtung für die Eintrittshalle an der Jüdenstraße und die Stadt-

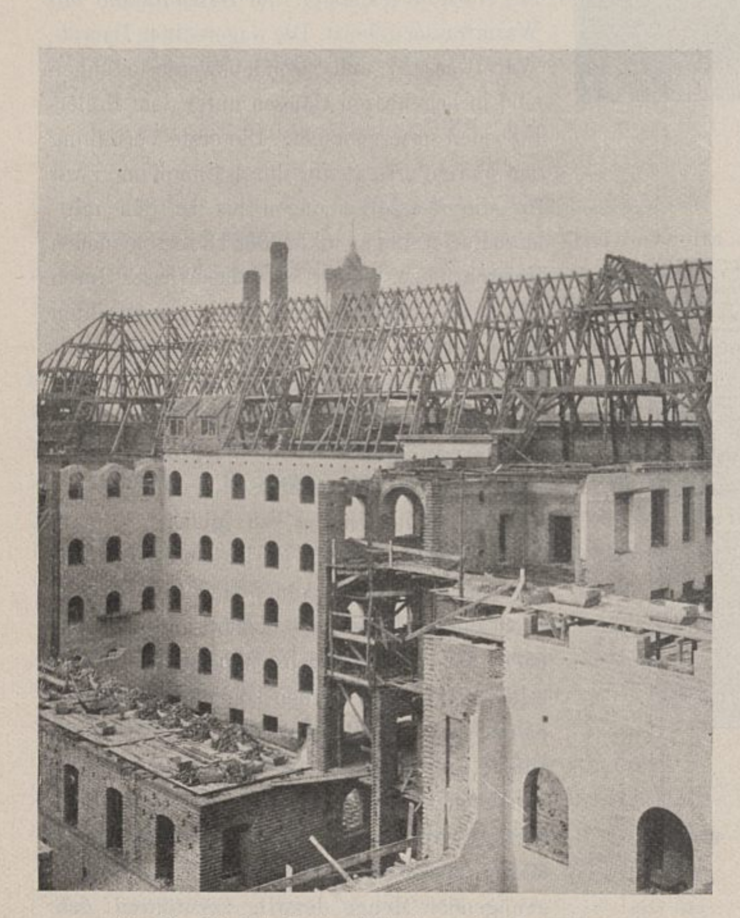


Abb. 36. Dachstuhl des Flügels an der Parochialstraße.

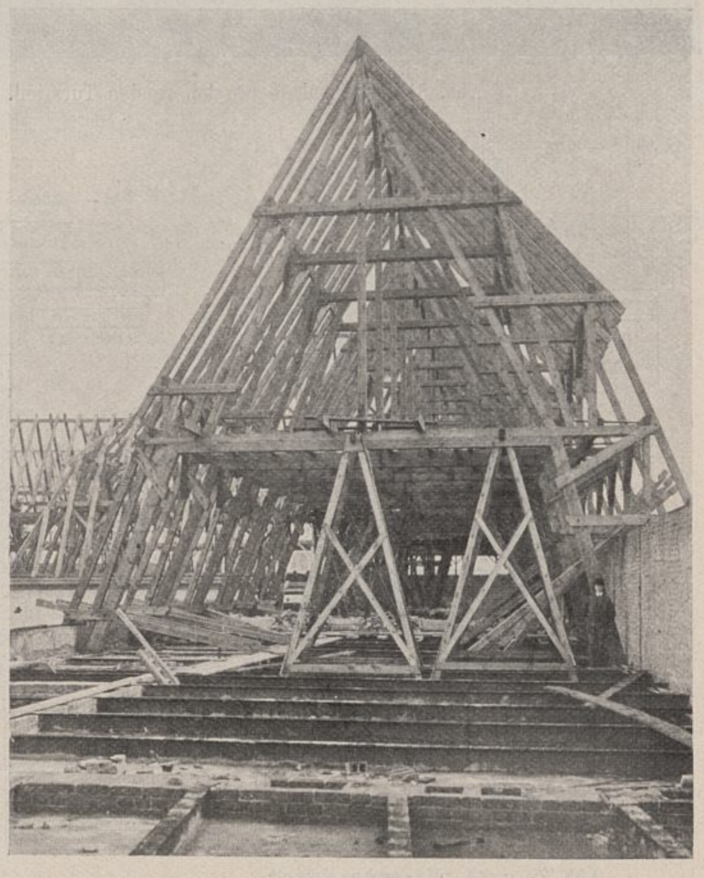


Abb. 37. Dachbinder des Flügels an der Stralauer Straße.

halle, für welche ein besonderer Dreileiter-Hausanschluß unter dem Eingang in der Jüdenstraße vorgesehen ist. An der gleichen Stelle befindet sich auch der sechste, nur für Kraftzwecke dienende Anschluß.

Von den vier Dreileiter-Hausanschlüssen für Licht führen Speiseleitungen von 2 × 310 und 1 × 185 qmm Querschnitt zu einer Ringleitung von 2 × 310 und 1 × 185 qmm, die in dem für sämtliche Rohrleitungen angelegten begehbaren Rohrtunnel verlegt ist. An diese Ringleitung, welche, wie schon der Name besagt, um das ganze Gebäude herumgeführt ist, sind an acht Stellen die Steigeleitungen abgezweigt, welche in den Stärken von 3 × 35 qmm (4 Stück), 3 × 50 qmm (2 Stück) und 3 × 70 qmm (2 Stück) bis zu den oberen Geschossen durchgeführt sind. Die Speiseleitungen, sowie alle Steigeleitungen sind im Rohrtunnel doppelpolig gesichert. Für die Verteilung des Stromes in den einzelnen Geschossen sind insgesamt über 50 Verteilungsschalttafeln vorgesehen, von denen die Lichtstromkreise als Zwei- und Dreileiter mit den Querschnitten 4, 2,5, 1,5 und 1 qmm abzweigen.

Die Flur- und Treppenbeleuchtung ist in den einzelnen Geschossen so zusammengefaßt, daß sie von zwei Stellen aus ein- und ausgeschaltet werden kann. Die Stromkreise sind hierbei als Dreileiter ausgeführt. Die Verteilung wurde so getroffen, daß bei jedem Stromkreis in der einen Hälfte die Lampen, welche während der ganzen Nacht brennen sollen, und in der anderen Hälfte die übrigen, nur für die Abendbeleuchtung bestimmten Lampen geschaltet sind.

Die Verlegung der Leitungen ist mit Ausnahme des Rohrkellers und des Dachgeschosses durchweg unter Putz erfolgt. Hierbei wurden die an den Wänden entlang führenden Leitungen in Gummirohr verlegt, während für die oberhalb der massiven Decken befindlichen Leitungen Stahlpanzerrohre verwendet wurden. Für die Steigeleitungen wurden gleich beim Bau besondere durch Eisenblech geschlossene Schlitze hergestellt, in denen die Leitungen auf Porzellanrollen befestigt sind. Entsprechend der Verlegungsart der Leitungen wurden auch die Schalttafeln und Schalter in allen Räumen, in denen die Leitungen unter Putz liegen, in Mauernischen oder im Mauerwerk angebracht, während sie in den Räumen

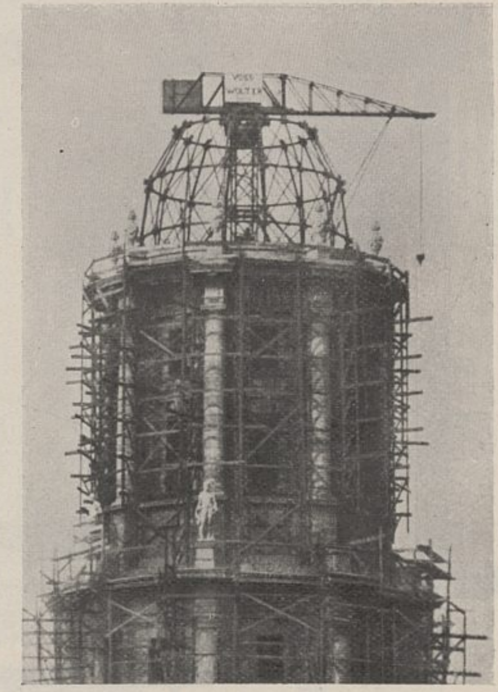


Abb. 38.

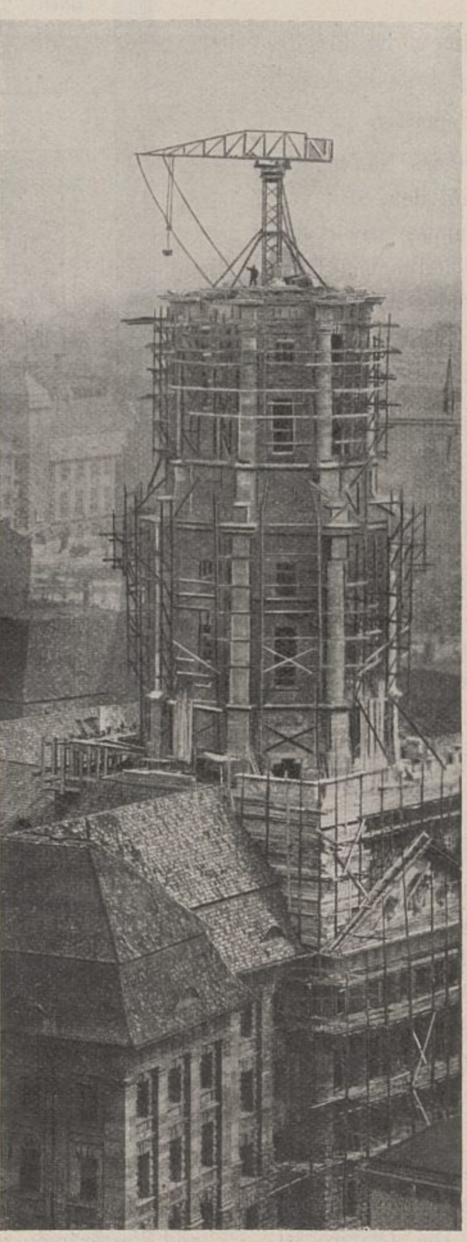


Abb. 39.

Abb. 38 u. 39. Auslegerkran für das oberste Turmgeschoß und die Kuppel.

des Rohrkellers und des Dachgeschosses offen auf den Wänden befestigt sind.

Da die Verteilung der Räume bei der Ausführung bereits feststand, konnte bei der Anbringung der einzelnen Beleuchtungskörper auf ihren Verwendungszweck Rücksicht genommen werden. So wurden für die Zeichenräume Bogenlampen für indirektes Licht gewählt und im übrigen die Beleuchtung durch einzelne Glühlampen in Form von Kronen, Pendeln, Stehlampen vorgesehen. Für später anzubringende Beleuchtung in einzelnen Zimmern ist sogenannter Kuhlodraht verwendet worden.

Um die Stadthalle bei besonderen Anlässen auch abends benutzen zu können, wurde für diese und die Vorhalle eine reichliche Festbeleuchtung vorgesehen. In einem neben der Vorhalle nach der Jüdenstraße zu gelegenen Raum ist eine besondere Schalttafel aufgestellt worden, welche von einem hierfür vorgesehenen, bereits eingangs erwähnten Hausanschluß gespeist wird. Von hier aus kann die gesamte Festbeleuchtung bedient werden. Letztere ist so geschaltet, daß sie es ermöglicht, je nach Bedarf die Helligkeit in der Vorhalle und in der Halle in weiten Grenzen zu verändern. Um den Sicherheitsvorschriften durch Unterteilung der einzelnen Stromkreise zu entsprechen, ohne daß hierbei die Kosten zu hoch wurden, wurden im zweiten Obergeschoß in der Nähe der Hallendecke besondere Schalttafeln angebracht, auf denen die einzelnen Stromkreise vorschriftsmäßig gesichert sind. Die Festbeleuchtung ist eine mittelbare und erfolgt in der Vorhalle durch verdeckte Metallfadenlampen und in der Halle durch doppelte Reihen von Röhrenlampen. Außerdem ist noch für beide Räume eine besondere Effektbeleuchtung vorgesehen.

Der Kraftbedarf des Stadthauses ist zur Zeit gering. Er umfaßt drei Personenaufzüge, von denen einer auf den Turm hinaufführt, einen Lastenaufzug und zwei Aktenaufzüge sowie zwei kleinere Ventilatoren für die Halle. Alle Motoren sind an die Außenleiter mit 220 Volt angeschlossen.

F e r n s p r e c h a n l a g e n. Sämtliche Diensträume sind durch ein Fernsprechnetz miteinander verbunden. Diese Fernsprechanlage ist jedoch nur für den innern Dienst bestimmt. Gespräche nach außen können nur durch das Fernsprechnetz der Reichspostverwaltung geführt

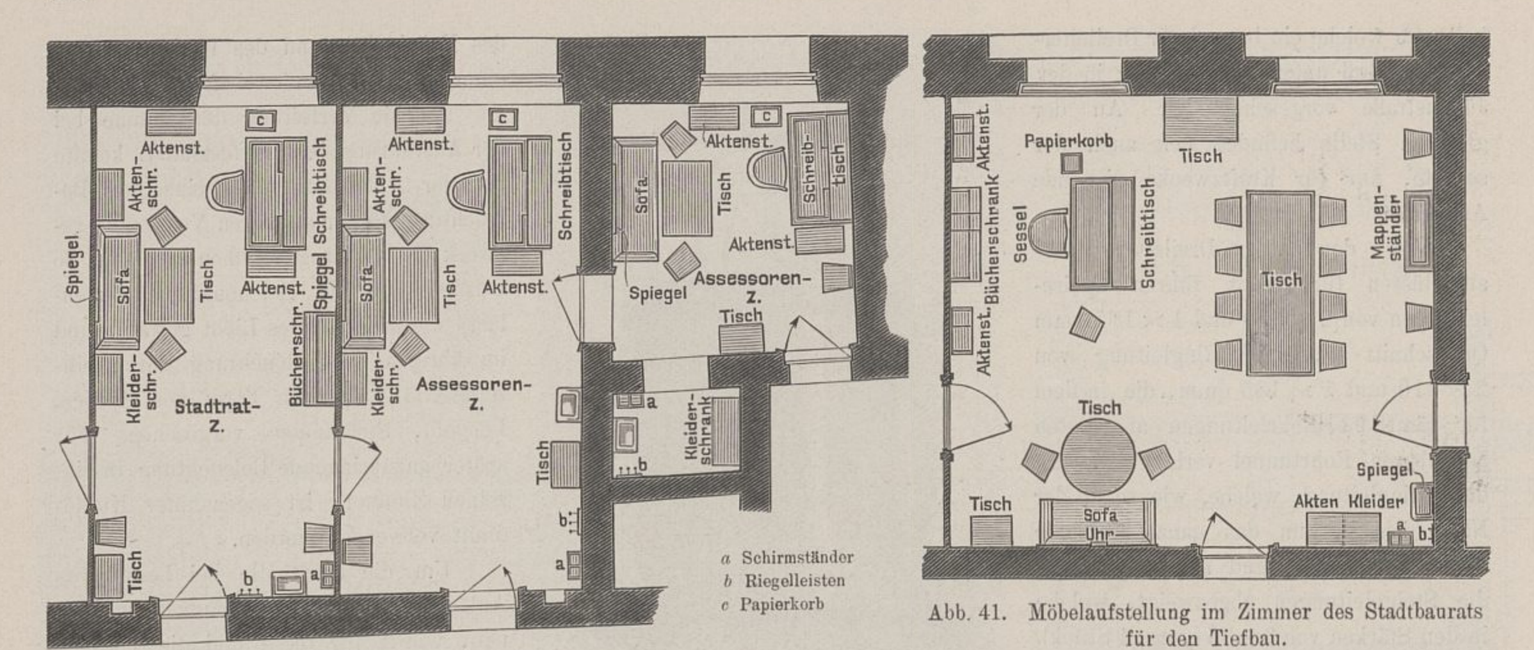


Abb. 40. Möbelaufstellung in einem Stadtrat- und Assessorenzimmer.

Abb. 41. Möbelaufstellung im Zimmer des Stadtbaurats für den Tiefbau.

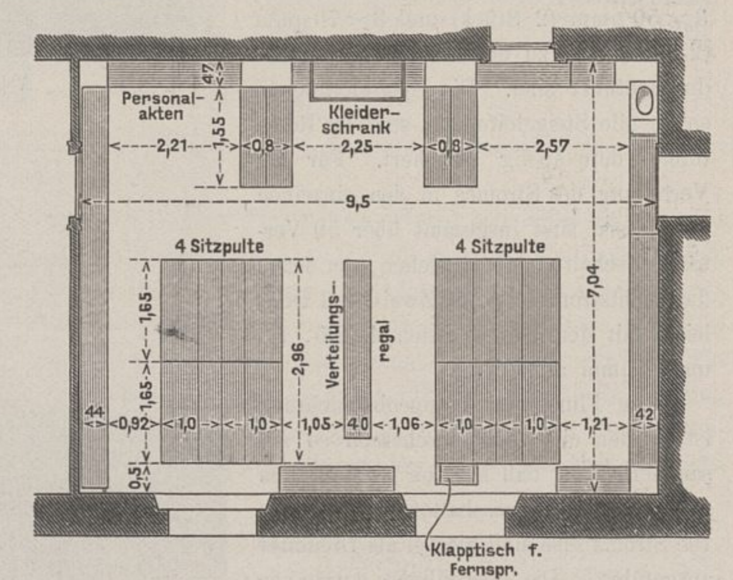


Abb. 42. Möbelaufstellung in einem Bureauraum der Kanalisationsabteilung.

werden. Außer diesem inneren Fernsprechnetz ist für die Dezernenten und Bureauvorsteher noch eine Rufanlage nach dem Dienerzimmer vorgesehen.

Blitzableiter. Die Blitzableiteranlage des Stadthauses besteht im wesentlichen aus sämtlichen auf dem Bau verwendeten Metallteilen von größerer Ausdehnung sowie den als Ergänzung angefügten eigentlichen Blitzableitungen. Hiernach sind folgende Einrichtungen des Gebäudes besonders in Betracht gezogen:

1. der gegen 80 m hohe Turm an der Jüdenstraße mit dem von der eisernen Balkenlage des Dachgeschosses bis in die Spitze der Kuppel hinaufreichenden Eisenbau und der mit dem Eisenbau in Verbindung stehenden Bronzefigur auf dem Scheitel der Kuppel,
2. die mit Kupfer gedeckten Plattformen in Höhe der Gebäudefirste,
3. die kupfernen, das Stadthaus auf allen Seiten umgebenden Regenrinnen und die in gleicher Höhe liegende eiserne Trägerdecke,
4. die aus Kupfer gefertigten Regenfallrohre von starken Abmessungen,
5. die gut geerdeten inneren Rohrleitungen.

Schornsteine sind in geringer Zahl vorhanden und im Vergleich zum Turm von untergeordneter Bedeutung. Demgemäß besteht die Blitzableitung des Stadthauses in zweckmäßigen Verbindungen der vorhandenen Metallteile untereinander — den kupfernen Dachabdeckungen, Regenrinnen und Fallrohren entsprechend wurde auch für diese Verbindungsleitungen Kupfer verwendet und zwar in der Form massiven Drahtes von 10 mm Durchmesser. Solche Verbindungen bestehen im Turm zwischen der Bronzefigur und dem eisernen Innenbau, zwischen diesem und dem Personenaufzug und der Trägerlage unterm Dachgeschoß. Die letztere ist an den vier Straßenecken mit der äußeren Regenrinne verbunden. Die Regenfallrohre an den Straßenfronten bilden die absteigenden Leitungen zur Erde und sind im Keller mit der Heizung und mit der Wasserleitung verbunden. Außer diesen äußeren absteigenden Leitungen besitzt das Gebäude auf dem Innenhofe noch drei selbständige absteigende Leitungen mit Erdleitungsplatten und Anschlüssen der Rohrleitungen. Die mit Kupfer gedeckten Plattformen in der Höhe der Gebäudefirste sind untereinander verbunden. Diese Verbindungsleitungen liegen auf dem Firste und bilden als Firstleitungen zugleich die Fangvorrichtungen für diejenigen Teile des Dachstuhles, die nicht unter der Einwirkung des Turmes stehen und nicht aus Metall sind. Die wenigen Schornsteine sind mit Fangrahmen versehen und auf möglichst kurzem Wege geerdet worden. An die Firstleitungen sind drei für die Zwecke der Heizung im Dachboden aufgestellte Wasserbehälter angeschlossen. Metallische Verbindungen zwischen den im Hause vorhandenen Rohrnetzen sind an mehreren gleichmäßig über das Gebäude verteilten Stellen vorgenommen.

Möbelausstattung. Die Ausstattung der Sitzungssäle und Warteräume wurde bereits erwähnt. Letztere, sowie die Eintrittshallen sind teilweise mit festen steinernen Bänken monumental ausgestattet. Die eigentlichen Diensträume haben,



Abb. 43.

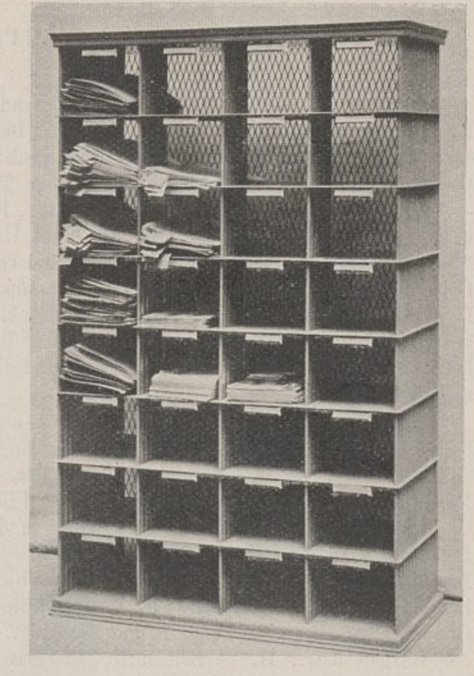


Abb. 44.

Abb. 43 u. 44. Eiserne Aktenregale in den Dienstränmen der städtischen Feuersozietät.

soweit vorhandene Möbel nicht zur Verfügung standen, neue Ausstattung erhalten. Dies gilt hauptsächlich von den Dezernentenzimmern, von denen einige in Text-Abb. 40 u. 41 im Grundriß mit eingezeichneten Möbeln zur Darstellung gebracht sind. Diese sind ebenso wie die Tapeten in den Dezernentenräumen nach besonderen Entwürfen ausgeführt.

Von der Ausstattung eines Bureauraumes in der Kanalisationsabteilung gibt der Grundriß Text-Abb. 42 ein Bild. In dem 7,04 m tiefen Zimmer sind vor den beiden Fenstern je vier Sitzpulte aufgestellt. Zwischen, neben und hinter den Pulten sind freistehend und an den Wänden bequem erreichbar Aktenregale vorgesehen. Auch die den Fenstern gegenüberliegende Wand dient zur Aufnahme weiterer Regale, die als Doppelregale teilweise in den Raum frei vorspringen, sodaß die große Raumtiefe gut ausgenutzt ist. Schließlich sei noch auf die raumsparenden eisernen Aktenregale hingewiesen, von denen die Abb. 43 u. 44 die in den Diensträumen der städtischen Feuersozietät zeigen.

Bei der Anfertigung und Durcharbeitung der Entwürfe standen dem Stadtbaurat Geheimen Baurat Dr.=Ing. Ludwig Hoffmann der Magistratsbaurat Matzdorff, sowie während der ersten Zeit der Stadtbaurat Schneegans und später die Architekten Mettke, Frobeen und Gerecke zur Seite. Die Bauausführung unterstand während der ersten Zeit dem Magistratsbaurat Dylewski und später dem Magistratsbaurat Broniatowski, welchem Architekt Fritze beigegeben war. Die heiztechnischen Arbeiten wurden vom Magistratsbaurat Caspar, die elektrotechnischen Arbeiten von dem verstorbenen Professor Dr. Kallmann bearbeitet. Die konstruktive Bearbeitung des Turmes geschah in der ersten Zeit durch den verstorbenen Baurat Cramer und später durch den Regierungsbaumeister Bernhard. Die Skulpturen sind Werke der Bildhauer Professoren Naager, Rauch, Taschner, Widemann und Wrba. Die Baukosten belaufen sich auf 7364590 Mark.

Bei dem Bau des neuen Stadthauses waren hauptsächlich nachfolgende Firmen beteiligt*): 1. Maurerarbeiten: Joseph Fraenkel, Aktiengesellschaft für Bauausführungen. 2. Massive Zwischenwände: Prüßsche Patentwände, G. m. b. H. 3. Massive Decken: A. Stapf. 4. Zimmerarbeiten: G. O. Alb. Krause, Aktiengesellschaft für Bauausführungen, Ernst Meyer, 5. Förderanlagen: Voß u. Wolter. 6. Steinmetzarbeiten: C. Schilling, Ph. Holzmann u. Ko., P. Wimmel u. Ko., O. Ploeger. O. Metzing Nachfl., C. Dittmer, Gebr. Zeidler. 7. Dachdeckerarbeiten: Gust. Ad. Wernicke, W. Neumeister. 8. Kunstschmiedearbeiten: Ferd. Paul Krüger. 9. Treibarbeiten für die Turmkuppelfigur: Martin u. Piltzing. 10. Tischlerarbeiten: F. Rachfall, C. Trost, R. Noster, Joh. Seeling, E. Gossow, Ferd. Wolff. 11. Maler- und Anstreicherarbeiten: M. J. Bodenstein, L. Gößler u. Sohn. 12. Stuck- und Bildhauerarbeiten: C. Steiner u. J. Vonier. 13. Monierarbeiten: Max Elias. 14. Zentralheizung: a) Heizanlage: Rietschel u. Henneberg, b) Isolierung: Horn u. Taube, c) Kessel: Walter u. Ko., Delbrück. 15. Beleuchtungsanlagen: Allgem. Elektrizitätsgesellschaft, Schwabe u. Ko. 16. Beleuchtungskörper: R. Barth, Ferd. P. Krüger, Beleuchtungskörper, G. m. b. H. 17. Be- und Entwässerung: Städtereinigung und Ingenieurbau, Aktiengesellschaft. 18. Eisenkonstruktionen: Thyssen u. Ko., A. Druckenmüller, Wolf Netter u. Jacobi, Breest u. Ko. 19. Möbel: E. Gossow Nachfl., Siebert u. Aschenbach, Ferd. Wolff, Schwarz u. Fröhlich. 20. Aufzüge: Karl Flohr. 21. Blitzableitung: H. Ulfert. 22. Fernsprech- und Signalanlage: Dt. Telephonwerke, G. m. b. H. 23. Steinbildhauerarbeiten: Karl Schwarz, Joh. Kreuz. 24. Holzbildhauerarbeiten: Breitkopf - Cosel. 25. Terrazzo: Joh. Odorico, Pellarin u. Ko.

F. Schultze.

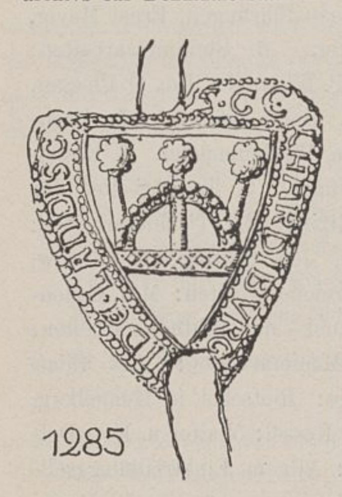
*) Falls nichts bemerkt ist, sind die angegebenen Firmen in Berlin ansässig.

Burgruine Landskron an der Ahr.

Quellen: Staatsarchiv Coblenz, (und dahin überwiesen:) Landskronsches Archiv und handschr. Bericht von Pertz über das Landskronsche Archiv. — Staatsarchiv Düsseldorf. — Beyer, Urkundenbuch der mittelrheinischen Territorien, Einleitung. — Schannat-Bärsch, Eiflia Illustrata, Bd. III, Abt. 1. — v. Stramberg, Rheinischer Antiquarius, Abt. III, Bd. 9. — Eltester, 100 rheinische Burgen, Nr. XXXVII: Landskron (Hs. i. Staatsarch. Cobl.) — Geschichtlicher Atlas der Rheinprovinz, Erläuterungen II und V. — Lehfeldt, Bau- und Kunstdenkmäler des Regierungsbezirks Coblenz, Kreis Ahrweiler. — Piper, Burgenkunde, Burgenlexikon. — Zender, Die Eifel in Sage und Dichtung. — (Weitere s. Lehfeldt.)

Erwähnung in: Annales Colonienses Maximi A bei Pertz, Scriptores 17. — Chronica praesulum et archiepiscoporum Coloniensis ecclesie, ed. Eckertz in den Annalen des histor. Ver. f. d. Niederrhein IV. — Annales Stadenses A bei Pertz, Scriptores 16. — Chronik der Stadt Sinzig, ed. Eckertz in den Ann. des hist. Ver. f. d. Nrh. VIII. — Buch Weinsberg III. — Hontheim, Historia Trevirensis I. — Ficker, Engelbert. — Abel, König Philipp von Hohenstaufen. — Winkelmann, König Philipp von Schwaben und Otto IV. von Braunschweig, I und II. — v. Mering, Geschichte der Burgen usw., II. — Zeitschrift des Aachener Geschichtsvereins, Jg. 12, S. 202 f. — Bonner Jahrbücher, Jg. 12, S. 115; 16, S. 131; 44, S. 78. — Annalen des hist. Ver. f. d. Niederrhein, in verschiedenen Jahrgängen. — Weistümer des Kurfürstentums Trier. — Grimm, Weistümer I. — Urkunden enthalten in: Guden, Codex diplomaticus II. — Lacomblet, Urkundenbuch für die Geschichte des Niederrheins, II. — Böhmer, Regesten. — Günther, Codex diplomaticus Rheno-Mosellanus II. — Winkelmann, Acta Imperii inedita, I. — Goertz, Mittelrheinische Regesten, II. — Beyer, U. B. d. mittelrh. Terr. — Ficker, Regesten.

Die Originale der Abbildungen sind Eigentum des Provinzialarchivs für Denkmälerstatistik.



Die Burg Landskron an der Ahr ist wohl nie Zeuge glänzender Hofhaltungen und rauschender Feste gewesen wie manch anderes Schloß in rheinischen Landen, das heute in Ruinen liegt. Keine hochragenden Trümmer eines stolzen Palasbaues erinnern mehr an alte Fürstenmacht und Reichesherrlichkeit. Und wer den Gipfel jenes Basaltkegels über der Ahrmündung besteigt, um sein Verlangen nach Romanik zu befriedigen, kommt dabei schwerlich auf seine Kosten. — Und doch hat auch Landskron seinen Teil an einem Stückchen deutscher Geschichte des Mittelalters, und ihre Wirkung auf sie mag Zeit ihres Bestehens, ohne hervorzutreten, lebendig geblieben sein. Der Wert aber, der für uns in den Trümmern der Burg Landskron liegt, ist in erster Linie ein anderer: gerade der Mangel an Romanik, wenn man so sagen darf, macht sie bedeutsam, denn in erster Linie die Wirtschafts- und Wohnbaugeschichte ist es, für die die Feste eine nicht ganz gleichgültige Rolle spielt. Wir haben in ihr eine kaiserliche Landesfestung, verwaltet und bewohnt jedoch ganz im Sinne einer Ganerbenburg. Und diese Eigenart spiegelt sich aufs deutlichste in ihrer Bauanlage wieder: im wesentlichen eine weitgespannte, einfache Umwehrung, die ihrerseits wiederum in der zeitüblichen Weise geschützt ist, und mehrere Einzelhöfe und Häuser als Anwesen der Burgmannen einschließt, an einer Seite aber, im Süden, von einer kleinen hochgelegenen und festesten Oberburg, dem kaiserlichen Palatium und Wohnung des Burggrafen und Vorstandes der Burggemeinschaft überschattet wird (Abb. 2). Schon bei der Gründung kurz nach 1200 ist dieser Plan wirtschaftlich wie baulich vorhanden und hat sich, ohne unter den sich ändernden Zeitverhältnissen an Bestimmtheit viel zu verlieren, bis zur Zerstörung der Burg Anfang des 18. Jahrhunderts erhalten. Eine ähnliche Anlage bietet die Salzburg in Franken, die Piper als Muster einer Ganerbenburg bezeichnet und die ebenfalls, wenn auch in bedeutend früherer Zeit, als Königsburg, villa regia, gegründet wurde. Im Rheinland selbst wird sich kaum ein Gegenstück zu Landskron finden lassen; von den Ganerbenburgen namentlich sind fast alle so eng angelegt, daß im Laufe weniger Menschenalter jede Scheidung der Höfe und Häuser voneinander aufhören mußte und die Burg schließlich nur mehr das Bild eines einzigen ringförmigen Hauses darbot (wie u. a. Eltz).

Von dem Bestehen einer Burg auf dem ehemals Gymnich[1]) genannten Berg der Landskron vor 1200 ist in Quellen nie die Rede. Doch fordert er, am Einfluß der Ahr in den Rhein gelegen und das untere Ahrtal und alles Land bis zum Rhein und hinab bis Bonn beherrschend, zu kriegerischer Besetzung wie nur irgendeiner heraus. Er mag daher seit Römerzeiten, wo er als Warte für Castell Remagen gedient haben dürfte, mit gewissen Unterbrechungen immer ein befestigter Platz gewesen sein. Eine Wahrscheinlichkeit für das Dasein einer Burg kurz vor 1200 ist dadurch gegeben, daß bereits 1190 im Klosterbuch des adeligen Augustinerinnenklosters St. Thomas bei Andernach eine Ida von Landskron unter den verstorbenen Äbtissinnen, die sämtlich niederrheinischen Adelsfamilien angehören, verzeichnet ist. Dagegen ist die Versicherung einer handschriftlich im Landskroner Archiv liegenden Geschichte der Burg um 1700, daß Otto II. diese gebaut habe, offensichtlich ein Irrtum. Denn die zum Beweis herangezogene Urkunde ist ein Brief Friedrichs II., der darauf hinweist, daß „Otto quondam dictus Imperator" Mittel zum Bau gegeben habe, also ganz klar sein Gegenkönig Otto IV.[2]) — Die Gründung der Burg, deren Trümmer auf uns gekommen sind, ist das Werk Philipps von Schwaben. Er legte sie im Jahre 1206, ein Jahr also vor Abschluß des Kölner Krieges, von Sinzig, seinem ersten Lager gegen Köln, aus an, um den in Köln eingeschlossenen Otto IV. strenger einzukreisen; wie die Kölner Chroniken es auffassen „ad oppressionem Coloniensis ecclesie", „ad detrimentum tocius provinziae". Die Fertigstellung fällt zwischen die Jahre 1208, da Otto durch Philipps Tod in den Besitz der Burg gelangte, und 1212, da er auf der Burg weilte. Landskron ging als Burggrafschaft zu Lehen an Gerhard von Sinzig, einen Angehörigen des rheinischen Ministeradels, und blieb in dessen Familie bis zu ihrem Aussterben 1370. Und schon von

1) Mit dem Familiennamen Gymnich hat der Berg nichts zu tun, sondern dieser leitet sich nach E. v. Oidtmann (Zs. d. Aachener Gesch.-Ver. 30, S. 155) nach Gymnich bei Lechenich her. — Unter der Landskron liegt heute noch ein Dorf Gimmigen.

2) Die in Ausfelds Übersicht erwähnten Urkunden zu Landskron von 1129 an sind zwei Drucke nach Urkunden, die sich auf die später zur Herrschaft Landskron gehörenden Güter zu Bodendorf beziehen (Mitteilung des Direktors des Staatsarchivs in Koblenz).

Philipp, wahrscheinlich gleich bei der Investitur mit Landskron, erhielt er die Berechtigung, die Wehrfähigkeit der Feste dadurch zu erhöhen, daß er wen er wollte von seinen Verwandten und Freunden sich innerhalb ihrer Mauern ansiedeln ließe; daß diese Ansiedelung sofort stattfand, geht aus einem Brief König Friedrichs an Gerhard von 1214 hervor. Ebenfalls aber von vornherein scheint diese Wohngerechtigkeit, die in der Regel wohl erkauft wurde (s. u. Urk. 1285), in der Familie eines jeden Burgmannes erblich gewesen zu sein, wenn dies in den Lehnsurkunden auch nicht als Grundsatz ausgesprochen ist; für 1346 ist das Erbrecht der Burgmannen urkundlich bezeugt (Guden II, S. 1105).

Wie der Bau der Burg Landskron schon vor ihrer Fertigstellung wohl ein ausschlaggebender Grund mit gewesen sein mag, den Friedensschluß zwischen Köln und Philipp bereits 1207 zustande kommen zu lassen, so tritt wenige Jahre später ihre Wichtigkeit in diesen Kämpfen wiederum recht deutlich hervor, zugleich aber die treffliche Männlichkeit ihres Befehlshabers Gerhard von Sinzig. Friedrich II., der seinen Gegner Otto in Köln hoffnungslos eingeschlossen hatte, sich aber dcch noch darauf angewiesen sah, ihm an den wenigen noch übrigen äußeren Stützpunkten Abbruch zu tun, richtet 1214 aus seinem Lager unter Landskron auf Rat Werners von Bolanden die lockendsten Versprechungen an Gerhard für den Fall, daß ihm die Burg übergeben würde, — denn so, wie auch Winkelmann, Philipp v. Schw. II., diesen Brief auffaßt, muß er augenscheinlich genommen werden; hätte Gerhard bereits im Begriff der Übergabe gestanden, so wäre die Ausdrucksweise Friedrichs kaum möglich gewesen: „Insuper pro exsequiis tuis, quae nos ipsi a te praesumimus recepturos et ut tu libentius et sub maiore devotione te ad nos transferas, promittimus tibi . . . quod cum primum deus castrum Landscron nobis dederit. . .“ Tatsächlich hat Gerhard ihm die Burg damals nicht übergeben, treu dem rechtmäßigen Kaiser in Köln. Und erst für 1215 melden die Annales Stadenses die Kapitulation Landskrons, zugleich mit der von Trivels. Denn am 25. Juli 1215 fand die Krönung Friedrichs statt, welche von vielen, unter ihnen Walther von der Vogelweide, erst als die rechtmäßige anerkannt wurde, die Krönung auf dem Stuhl Karls des Großen im Aachener Münster. Und dem in seinen Augen nun erst rechtmäßigen Kaiser öffnete Gerhard die Tore der Landskrone. Daß dies ohne einen vom Kaiser auf ihn ausgeübten Druck geschah, geht aus dem Vertrauen und der Ehre hervor, die Friedrich ihm kurz darauf, 1216, erweist, indem er ihm die ganze Verwaltung des linken Rheinufers von der Mosel an abwärts überträgt.

Mit Gerhard IV., Herrn zu Sinzig, stirbt das Geschlecht der Burggrafen von Landskron 1370 aus[3]). — Es darf hier wohl dem Irrtum entgegengetreten werden, den Lehfeldt wahrscheinlich aus der Eiflia Illustrata herübernimmt, daß von 1276 an die Burggrafen sich Ritter von Landskron genannt hätten: der Rittername war zu jener Zeit noch keineswegs erblich, und die Ausdrücklichkeit, mit welcher in dem weiter unten wiedergegebenen Schlichtungsbrief von 1285 bemerkt wird „denn Herr Gerhart war ein Ritter“, während sein Bruder keiner war, spricht entschieden genug gegen das Bestehen einer Erblichkeit dieses Titels. — 1370 geht die Herrschaft Landskron, mittlerweile zu einem beträchtlichen Umfang angewachsen, durch Heirat an die drei Familien Einenberg, Schönenburg, Tomburg über, mit deren Einverständnis bereits 1366 von Gerhard IV. ein sorgfältiges Testament und Burgfrieden aufgesetzt ist, für uns besonders viel wert, insofern als hier sämtliche Gebäude der Burg, die der Erblasser in Gebrauch hatte oder die Gemeingut waren, genannt sind. Schon das Jahr 1397 bringt mit dem Tode des kinderlosen Dietrich von Schönenburg eine zweite Erbteilung, bei der festgesetzt wird, daß die Oberburg fernerhin nie in mehr als die zwei nunmehr bestehenden Teile getrennt werden solle. Ein Jahrhundert etwa bleiben die Einenbergs und die mehr als diese in den Vordergrund tretenden Tomburgs im Besitz des Lehens. Dann aber beginnt eine Zeit sehr zahlreicher Erbteilungen, die für die Geschichte der Burg selber um so weniger ins Gewicht fallen, als über die Verteilung ihrer einzelnen Höfe und Häuser und die Verwaltung der Feste vorderhand keine Kunde aus ihnen zu erhalten ist; es ist jedoch zu hoffen, daß die im Werden begriffene Neuordnung des Landskronschen Archives manchen Aufschluß gerade hierüber ermöglichen wird. Die Familien, welche als Teilhaber an Landskron erscheinen, sind nach- und nebeneinander folgende: Plettenberg, Rheineck, Quadt, Sombreffe, Harff, Eltz-Pirmont, Walboten von Bassenheim, Grafen von Manderscheid, Hoensbroech, Brempt, Vorst-Lombeck, Nesselrode, die 1729 den Namen der Reichsgrafen von Nesselrode-Landskron und Reichenstein annehmen; 1775 Cloedt und nach ihnen Frh. von Stein-Nassau. (Darstellungen der Besitzveränderungen eingehend im rheinischen Antiquarius, der Eiflia Illustrata und den Erläuterungen zum geschichtlichen Atlas der Rheinprovinz.) 1659/60 wird $^1/_{19}$ Anteil der Herrschaft Landskron, das der Trierer Erzbischof Karl Kaspar von der Leyen gekauft hat, gegen Herausgabe einiger Jülichischer Güter an das Herzogtum Jülich abgetreten und geht damit als unmittelbares Reichslehen verloren. 1789 ist Landskron Kondominium, dessen Teilhaber Jülich und die Ritterschaft sind. Bis 1801 bleibt die Herrschaft reichsunmittelbar. Der Steinsche Anteil wird, als das linke Rheinufer in französischen Besitz gerät, von dem nachmaligen Minister Frh. v. Stein außer seinen sonstigen linksrheinischen Gütern im Taxwert von 3164 Fr.


Abb. 1. Ansicht von Südwesten.

3) Ritter von Landskron, die in Köln und Aachen wohnen, kennt das Buch Weinsberg, ebenso eine Familie von Landskron, welche im Hause des Landkomthurs der Maastrichter Deutschordensballei in Bierbaum lebt und deren Erbbegräbnis in der Karmeliterkirche, wo ihre Schilde hangen, sich befindet. 1582. Das Erbbegräbnis der Landskroner Burggrafen ist in der Kirche des Klosters Marienthal.

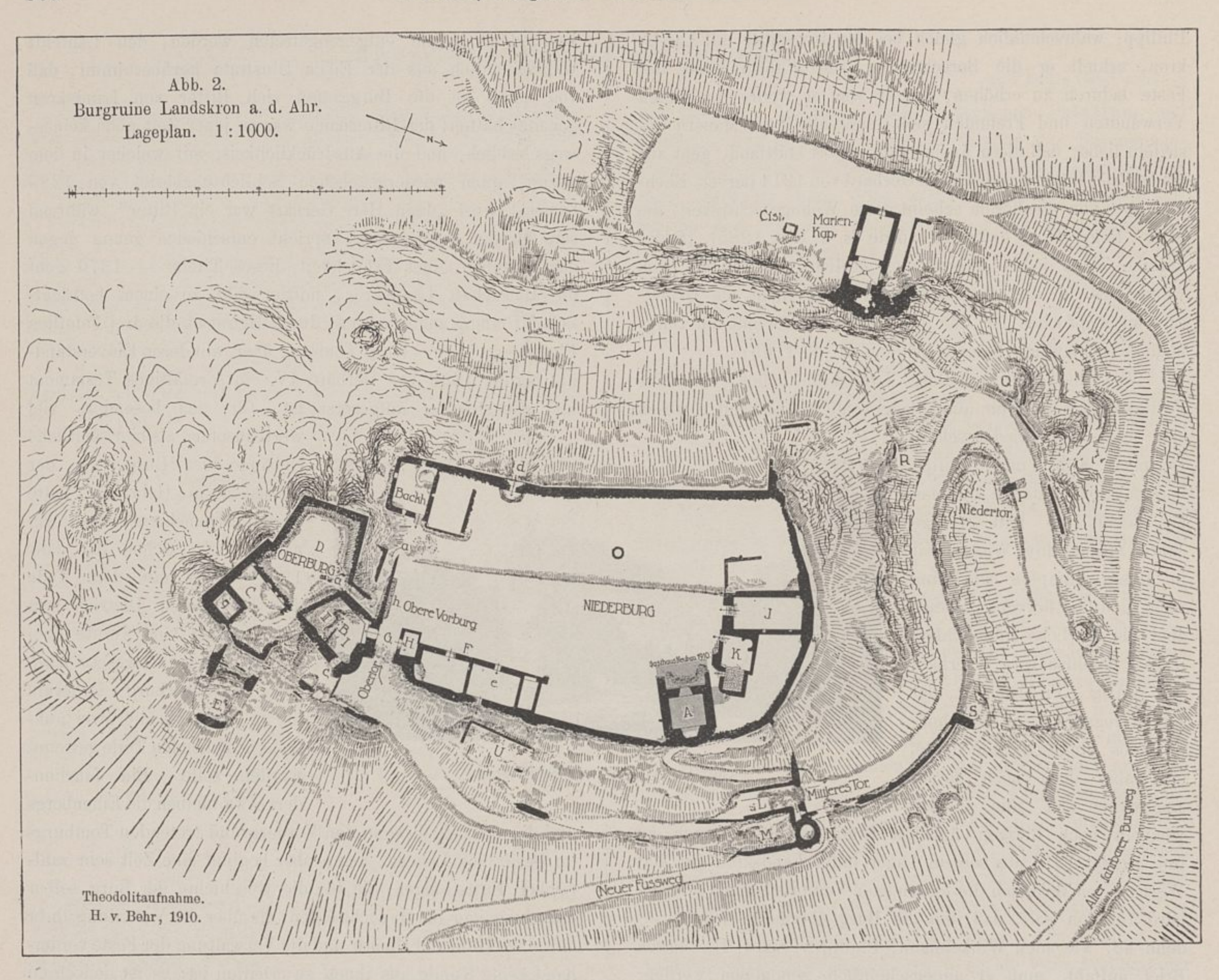


Abb. 2. Burgruine Landskron a. d. Ahr. Lageplan. 1 : 1000.

Theodolitaufnahme. H. v. Behr, 1910.

verkauft, nachher jedoch wiederum zurückgekauft, und befindet sich heute, durch Erbfolge, in den Händen des Grafen v. d. Groeben-Potsdam.

Eine Baugeschichte der Burg ist nicht möglich, ehe das Archiv geordnet ist und die wichtigsten Baulichkeiten vollständig ausgegraben sind. Hier nur einige kurze Angaben, die einzigen, welche vorliegen: — In den ersten zwei Jahrhunderten nach der Gründung scheinen festungstechnisch keine Veränderungen vorgenommen worden zu sein, obwohl die Burg mehrfach an kriegerischen Ereignissen teilhatte. Während des dreißigjährigen Krieges hatten 1632 die Schweden unter Baudissin, 1633 die Spanier und Kurkölner die Burg. Um diese Zeit läßt ein Kommandant der Feste, um die Feinde der Deckung zu berauben, den Landskroner Hof, östlich am Fuß des Berges, niederbrennen. 1646 wird Landskron auf Befehl des kaiserlichen Kriegskommissars von Westfalen in Verteidigungszustand gesetzt. 1677 geht die Niederburg unter den Händen der Franzosen zum größten Teil in Flammen auf und ist seitdem wohl nicht wieder aufgebaut worden, ihren Wert als feste Wohnung hatte die Burg ja längst verloren. 1689 diente sie noch einmal einem französischen Haufen als Stützpunkt für Plünderungen. Und wie traurig ihr Ruhm schließlich gesunken war, zeigte sich, als 1714 nach dem Utrechter Frieden Pfalzgraf Philipp Wolfgang, Herzog von Jülich, sie ohne Kenntnis des kaiserlichen Herrn, und gegen Abfindung des Burgherrn Freiherrn Moritz v. Brempt mit 10 oder 12 Tausend Talern, sprengen und soweit möglich „funditus rasieren" ließ — um dem Feinde die Gelegenheit einer Festsetzung im Lande zu rauben. Wozu Stramberg bemerkt: Sehr patriotisch und staatsmännisch gedacht und gehandelt.

Zur Ermöglichung eines genaueren Einblicks in die oben flüchtig geschilderte Anlage der Burg schien es geraten, die darauf sich beziehenden Urkunden im Wortlaut wiederzugeben; es wird sich dann ein Teil der Erörterungen an Hand des Grundrisses sparen lassen. — An ihre Spitze möge als zeitlich erste ein Schlichtungsbrief treten, der zwar für die Beurteilung des Baues selbst keine sehr große Bedeutung hat, aber allgemein kulturgeschichtlich eine gewisse Beachtung verdient.

(1285.) In nomine domini ameN. Wir dir greue Rûprecht van Virninburch, er Heinrich van Dune, Johan van Rinecke, Thileman van Reībach dir alde, er Thileman dir Junge van Reinbach, er Heinrich van Muntabûr, er Godeurit van Vritsdorp, inde er Ingebrant van Derīowe. Vmbe als sûlche zueiunge dī was intûschin erin Gerarde van Landiscrone, inde Ottin sinin brûdir, inde dī an vns gelazin was, Dī han wir bescheidin als her na gesrīuin steit. Anegainde sprechin wir, dat, dat her Gerart hauin sal dī Bûrch zû Landiscrone bid Lûdin inde bid gûde, dat zû dis hûsis hûdin gehort, als id sin vadir hatte van me riche,



Abb. 3. Burg Landskron.
(Aus einer Landkarte im Landskronschen Archiv im Kgl. Staatsarchiv in Koblenz.)

inde Otte nͤt. Andirwerue sagin wir, dat her Gerart inde Otte deilin solin bescheidinliche als sůlch erue, als ir vadir ind ir můdir hattin so wa id si gelegin. Dirdewerue sagin wir oue er Gerart ind Otte zueinde wͦrdin vmbe ir erue, dat her Gerart spreche id horte zů me riche, inde Otte spreche id horte zů irme erue, dat sal iruarin er Heĩrich dir gůde der alde, bid wairheide oue bid rechte, inde wat he dar vmbe sagit des sal in beidin gnůgin. Verdewerf sagin wir, dat her Gerart sal geuin Ottin dat hůs ĩde dat burchlein dat he gekouft hat vf Landiscrone, inde sal ĩme dar zů geuin vndiral vunfcin march geldis, als gewenlich is, ouene inde nͤdene in me lande allewege vf sẽte mertinis dach wãt er Gerart was einRitteͬ ind irs gemeinĩ gůdis me virdain hat dan Otte als ir gemeine mage sprechĩt. Otte sal ouch ridin ůz sime burchlene dͤnin sinin hͤrin, inde sinin vrůndin als andeͬ dis richis burchman, inde da ane insal her Gerart Ottin nͤt anehindin. Vunftewerf

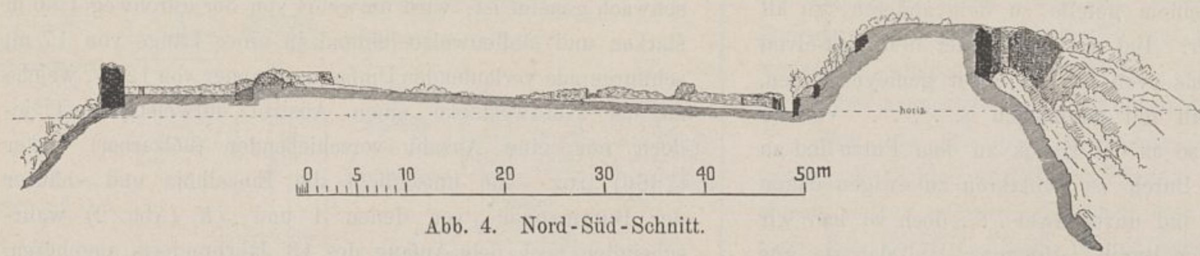


Abb. 4. Nord-Süd-Schnitt.

sprechin wir dat dͤ lůde dͤ her Gerart spricht, dͤ sich an dit riche hant gemachit, inde Otte spricht si hauĩ sich gemacht an ĩrin vadir, des sal sich iruarin er Heĩrich dir gůde. vindit he bid wairheide dat si me riche solin volgin so insal man ir nͤt deilin, vindit he dat, dat sie me riche nͤt volgin insolin, so solint si dͤ lůde glͤche deilin. Sestewerf sagin wir, dat ir man alle solin volgin herĩ Gerarde. Sͤuindew̃ue sagin wir, dat Otte alle der scholt, der sin brůdir inde he semintliche schůldich sint, sal geldin hundirt marc, da he ir sint H'uiste nͤt uirgoldin inhat, intůschin hͤ inde Paischin. Eichtewerf sprechin wir, dat her Gerart sal hauin alle dͤ vorderũgen van schůlde, dͤ si hant, inde des inhat Otte nͤt zů důne, spricht auir ĩman ane si vmbe scholt, dͤ sal her Gerart virantuertin, inde Otte nͤt, inde vort insal Otte herin Gerarde nͤt dringin. Vf dat dͤt ewich inde stede si, so han wir, dir Greue Růprecht, er Heĩrich van Dune, 'Johan van Rinecke, Thileman van Reĩbach dir alde, Thileman dir Junge van Reinbach Heinrich van Muntabůr, Godeurit van Vritsdorp, Ingebrant van Derinowe, Petir van eich, Heinrich dir gůde, inde wir dͤ id anegeit, her Gerart inde Otte dͤ gebrůdere van Landiscrone, důsin geginwordichin brͤf besͤgilt bid vnsin Ingesͤgelin, dͤ her ane gehangin sint. Der brͤf wart gegeuin van gods gebůrde Dusint iair zueihundirt iair, vunf inde eichzich iiar, dis Maindagis na sente Gerdrude dage, da vile gůdir lůde vůir was. —

(N. d. Orig. in Koblenz.) Mit anhangenden Siegeln.
Die folgenden nach Guden, Codex diplomaticus II.

(1346.) Belehnung Herrn Hufts von Ulmen mit dem von seinem Vetter Gerhard an ihn gefallenen Anteil zu Landskron durch Kaiser Ludwig.

(1351.) . . . Vort me sullen wir (Gerhard von Landskron) unser Snurgen (Fien von Contzen) eyn Hus wedemen zu Lantzkrone in der niderburg, mit sulchen Vurwurden, dat niman us dem Husse druss noch drin cregen noch urlugen sal . . .

(1366. Testament Gerhards IV. von Landskron, betreffend den Burgfrieden des Hauses, im Einverständnis der mit unterzeichnenden Erben Friedrich von Tomburg, Gerhard von Eynenberg und Dietrich zu Schoenenburg aufgesetzt.)

Erste wollen wir, dat yclich unser . . Erben ime lasse genugen mit alsulcheme Deile as ime up der Overburch zu Landscrone zu rechtem Losse gevallen is; welch Los mit irme willen . . . gemacht ind gelost wart. Vort sal . . . . (Teilung auswärtiger, zu Landskron gehörender Güter). Vort sol Gerard van Eynenberg haven up der niderburgh zu Landscrone dat huss, dat by Hrn Husten hus weit steet, mid der Hofstat bis an dat Bachus. Vort sol Diederich ind Ponzed (v. Schönenburg) dat Mulenhus haven, . . . vort solen Frederich ind Conegund (v. Tomburg) haven wilne des Guden hus ind dat Essigshuss mid den Stellen bis an den Mulberen bom. Vort sal Frederich Gerart ind Diederich . . . die Stelle, die enbussen der mittelster Portzen stent, . . . den Hof vor dem Berge, op dat Los gleich deilen. Vort solen die zwa nederste Capellen in der niderburg, in die Cluse, der große Turn, der Putz, . . . die zwa Pisternen, die usserste Mulen, ind alle Wichuser, mit dem Erker hinder der Capellen; der cleyne Turn an der niderster Portzen, Badhus (= Bachus?), Blidenhus ind Bliden pletze, Kelterhus, Noitstelle, Armbruste, ind wat zu des Huses huden gehorich is; alle Portzen ind Portzhuser, alle Grindele, Wege ind Stege . . . unsen vurgenanten Erven ind nacomelingen gemeine sin, mit dem Gebucke umb die Burgh. Ind die Wechtere, Turnknechte ind Portzener solen yn samet glich sueren ind hulden, as dat gewenlich is.

(1374. Friedrich Herr zu Tomburg und zu Landskron seiner Gemahlin Kunigunde, Tochter Gerhards IV.) . . . vort han ich ir gewedemet zo Landscrone up der burgh unser Huss . . ., mit dem Erker da engegen vor, enbinnen der nederster Portzen . . .

(1397.) Ponzetta hat nach dem Tode ihres Gemahls den Schönenburger Anteil dem Herrn von Tomburg vermacht; und es findet nun eine zweite Teilung zwischen Tomburg und Eynenberg statt, bei der bestimmt wird, die beiden Teile der Oberburg sollen ferner nicht weiter geteilt werden, im übrigen erhält Eynenberg das rote Haus, die Küche vor dem roten Turm, den Erker bei Schönenburgs Haus und die Hälfte des neuen Hauses bei dem Mühlenhaus. Gemeinsam bleiben der Erker bei der Clusenpforte und -capelle und sonst dasselbe etwa wie 1366.

(1397.) Wir Friderich Herre zu Toinburgh ind zu Landzcrone, Gerart min Son; Gerhart van Eynenberg Herre zu Landzcrone, ind Johan min Son, Bekennen . . ., . . . dat wir gelient han unser Moynen Bontzette van Landzcrone (und Schönenburg, Tochter Gerhards IV.) ire Leve dage unse Huyss, genant dat Rodehuyss, binnen der Overburch, mit der Kuchen, ind dat Molenhuyss in (= und) den Alden Hoff mit dem Garden um den Berg . . . .

(1419. Krafft von Saffenberg und Elysabeth von Tomburg) . . . . wir . . . dun kunt, dat wir umb sunderliche dienst und fruntschaft, die uns Johann van Eynenburg Herr zu Lantzkron unse liebe swager ind Neve, Ind Lysa (seine Frau) in vergangenen zyden gedan . . . . die Camer enboven yre Cameren, so wie die gelegen is unden an bis oven uss up der overster Burch zu Lantzkrone, die wilne Herrn Gerartz van Eynenburg syns Vater plag zu syn . . . (ihnen gegeben haben). Ind is diese . . . Kamer gelegen beneven dem Wyndelsteyne, also dat der Wyndelsteyn by der Kammeren up get. . . . (Die von Friedrich v. Tomburg gebrochenen Türen in die Kammer sollen Johann und Lysa wieder zumauern lassen.) . . . Vort so bekennen wir Crafft und Elysabetha, dat Johan und Lysa . . . van nu vort zu ewigen dagen han sullen in dem grosen nuwen Huse enbynnen dem oversten vurburge beneven der Portzen gelegen, eynen Solre, zu yre Keren und genuichden, die lengende durch dat Huss van einem gefelle zu dem anderen, zu all yrme nutze ind urber. Ind vort dat ander deill desselven Huss van unden an bis oven uss sal unser gemeyne bliven, so wie dat vur gedeilt ind geschieden is. . . . . Vort so bekennen wir . . . also as der Ganck zu dem Putze ind zu unsem Kelre up der Burch zu Lantzkron zu ewigen dagen fry sin sall unbekrod ind unverbuwet . . . doch so han wir zu merer vestunge der Burch . . gegont . . ., dat sie uns sementlichen . . . . eine Doer vur den Ganck han dun machen . . .

1526 wird ein sorgfältiges Bestandsverzeichnis des Eigentums Damians von Quadt und seiner Frau Elisabeth von Eltz aufgenommen, das ein höchst anschauliches Bild einer Hausausstattung der Renaissancezeit gibt. Zunächst ist ohne Nennung der einzelnen Räume der Befund im „Newen Baw“ aufgezeichnet, worunter „ein heidnische steinene stuick, 2 eisene stuick“, 10 und 6 Fuß lang, sowie eins von 5 Fuß, „alle geschmidt“; ferner 5 Eisen-„Stückeltgen“ und 16 Geschützkammern. Auf diesen artilleristischen Hausbestand besonders ist noch zurückzukommen. — Außer einem geheizten großen Wohnraum liegt im Neuen Bau auch eine Kapelle, scheinbar jedoch nur in Form einer Nische im Wohnraum. Weiterhin ist das „Oberhauiß“ genannt, von dem jedoch nicht klar ist, ob es das Obergeschoß des Neuen Hauses oder die Oberburg bedeutet, und ob sämtliche von da an einzeln aufgeführten Räume hier liegen. Handelt es sich um das Obergeschoß, so kann dies nur die drei ersten Räume umfassen. Die Räume, fast alle, auch die Schlafkammern, heizbar, und zwar zum größten Teil mit Öfen, sind folgende: Wohngemach, daneben eine Schlafkammer, daneben ein kleines Stübchen mit reichbesetztem Glasschrank und „vor dem Gewölb“ ein großer voller Geschirrschrank, dessen Inhalt meist das Quadische und Ovelackische Wappen trägt. Dann ein Gang vor dem Gewölb, eine Schlafkammer über dem Gewölb, ein Gang, eine neue Kammer mit zwei Betten (an der Wand u. a. ein Bild vom verlornen Sohn), ein unteres Gewölbe, worin Bücher und Briefe, vor der neuen Kammer ein Gang mit drei Schränken für Wäsche und Kleider, dann eine Magdkammer, die „oberste newe Kammer“ als Schlafgemach sehr gut eingerichtet, ein kleines Kämmerchen, eine Kistenkammer, „des Schreibers Kammer“, deren Einrichtung nur aus Bett, Bücherschrank und einer Fleischbütte besteht, eine „oberste Schlafkammer negst der Treppen“, Nebenkammer (Einrichtung wie die einer Gastkammer), Bibliothek, in welcher außer Büchern auch ein ganzes kleines Museum und Raritätenkabinett besteht, „Schoenbergen Kammergen“, „Kuichkammer“ wohnlich eingerichtet, dort auch eine Bettstatt und ein Spannbett, „Kuichkeller“, ferner der große Weinkeller, das Bindhaus mit 5 Fuderfässern. Neben der Bibliothek das Plunderkämmerchen. „Des Kellers Keminate die Trepp hinauf negst Thombergen Kammeren.“

Leider ist die Schleifung von Landskron dermaßen gut geraten, daß das Bild, welches die niedrigen, meist erst aus Schutthaufen wieder herausgegrabenen Trümmer von der Burg geben können, in Einzelheiten ziemlich unvollkommen ist. Der Plan jedoch in seinen wesentlichen Zügen liegt klar, so wie er bei der Gründung Landskrons verfaßt wurde: Die große Abplattung des Berges, von etwa 40 zu 70 m Fläche, die nach der westlich vorbeifließenden Ahr hin schwach geneigt ist, wird umwehrt von der durchweg 1,80 m starken und stellenweise (einmal in einer Länge von 17 m) schnurgerade verlaufenden Umfassungsmauer von 1206, welche an der Nordwestecke einen Ausbau aufweist, sonst jedoch nur eine Anzahl vorschießender (hölzerner) Erker (1366) trug. Sie umschließt die Einzelhöfe und -häuser der Burgmannen, von denen *A* und *JK* (Abb. 2) wahrscheinlich noch dem Anfang des 13. Jahrhunderts angehören. Nach dem Rhein zu, im Süden, ragt etwa 8 m über ihr ein breites unregelmäßiges Felshaupt auf, das nach allen Seiten unersteigbar jäh abstürzt und der gegebene Ort zur Errichtung der Oberburg war. In seinem Brief von 1214 spricht Friedrich II. von dem „castrum Landscron simul cum palatio“; dieses Palatium, worunter zufolge der Hervorhebung seiner Gleichwertigkeit mit dem Castrum hier kein Palas, sondern ein Haus noch im Sinne der alten Casa regia verstanden werden muß, hat man an dieser Stelle zu suchen, vielleicht im Bau *B*. Der Aufstieg zur Oberburg war (s. 1419) ein „Wyndelsteyn“, wahrscheinlich dort, wo heute die Rampe *a—a* hinaufführt. Denn die Wendeltreppe im Haus *B* diente nur diesem selbst, da es undenkbar erscheint, ein Hauptwohnhaus könne ein Durchgangsbau gewesen sein. Wendelstein ist übrigens jede Treppe, welche Kehren hat. — Der als breiter Fahrweg angelegte Aufstieg zur Landskron führt, bei Heimersheim beginnend, von der Ostseite her in weiten Windungen hinan, knickt schließlich oberhalb der Kapelle scharf um, während er zugleich das erste Tor durchläuft, und zieht sich nun unter der Ringmauer bis zur Oberburg und dem in ihrem Schutze angelegten schönen romanischen Haupttor hin, indem er zwei Zwinger und das Mitteltor passiert und den Ankommenden zwingt, auf eine Strecke von mehr als 150 m Weges seine schildlose Seite den Geschossen der Burgleute preiszugeben. Die Anlage des Burgweges ergibt sich mit Bestimmtheit aus der Form des Geländes, das hier im Osten sanfter, von der Ahr

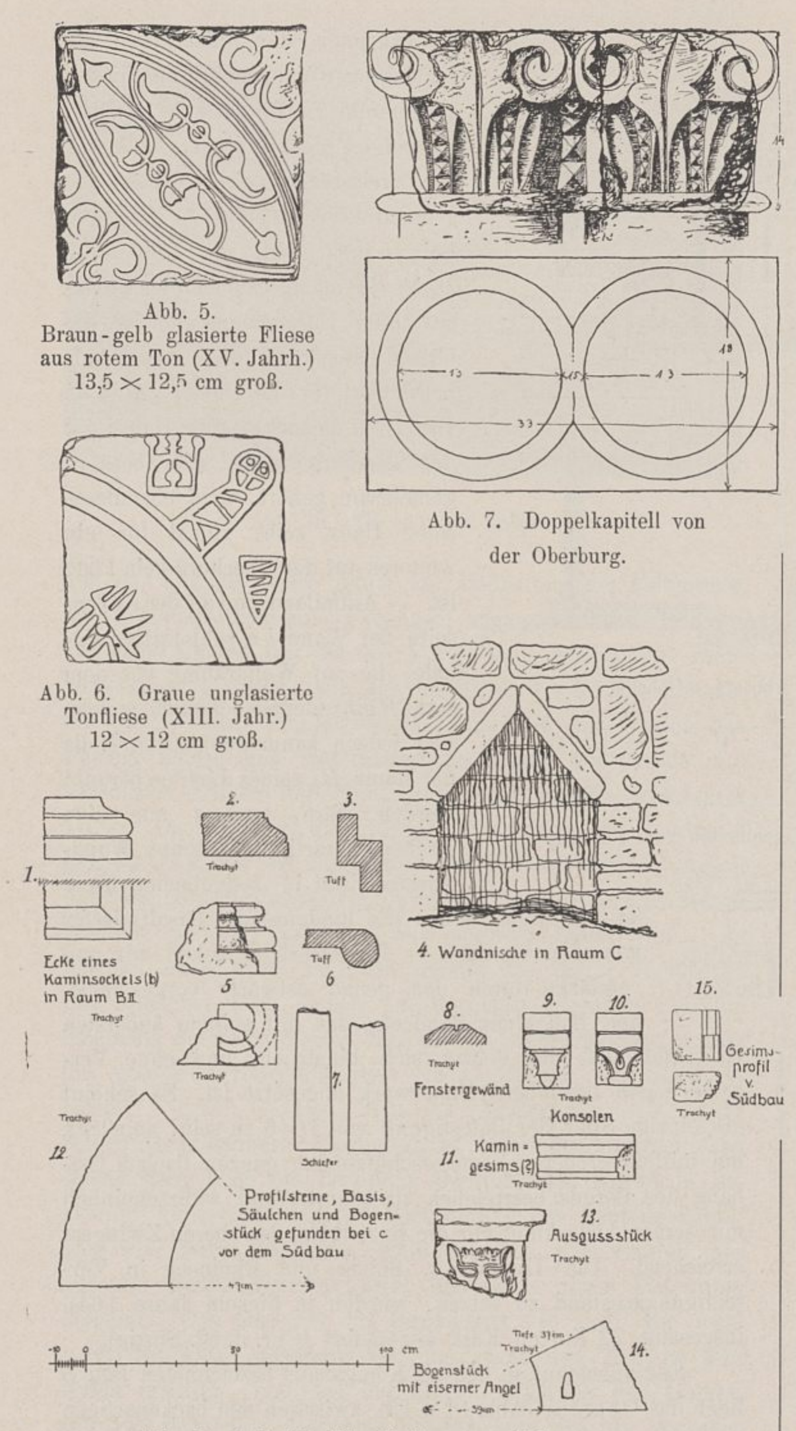


Abb. 5.
Braun-gelb glasierte Fliese aus rotem Ton (XV. Jahrh.) 13,5 × 12,5 cm groß.

Abb. 6. Graue unglasierte Tonfliese (XIII. Jahr.) 12 × 12 cm groß.

Abb. 7. Doppelkapitell von der Oberburg.

Abb. 8. 1 bis 15: Einzelheiten vom Südbau.

her jedoch recht steil ansteigt, und auch sie dürfte einschließlich der Zwinger und Tore der Gründungszeit angehören, so wie dieses von der übrigen Anlage feststeht. Denn die besondere Form des Bergkegels ließ eigentlich nur die eine Lösung der fortifikatorischen Aufgabe zu. Und nachdem diese leicht gefunden und mit Geschick vollzogen war, blieb für spätere Zeiten nichts mehr wesentlich zu verbessern übrig. Zudem war die Lage der Burg für die Kriegszeiten des 17. und 18. Jahrhunderts doch zu ungünstig, als daß es sich verlohnt hätte, die nötigen Befestigungskünste des Kanonenalters in ausgedehnterem Maße hier anzuwenden. So ließ man die Burg, die einst eine der festesten war, verkümmern. — Der Umfang der Burganlage wird verschiedentlich sehr übertrieben eingeschätzt, insofern als die kleine Abplattung, welche den Abfall des Gymnich nach der Ahr zu unterbricht und auf der die Marienkapelle liegt, als die „Niederburg" angesehen wird. Doch welchen Zweck hätte es haben sollen, diese Fläche mit zu befestigen, die, von Belagerern besetzt, diesen nur hätte zum Verderben werden müssen, da sie von oben her ausgezeichnet zu bestreichen war; in die Burgumwehrung einbezogen aber die Verteidigung sehr erschwert hätte und kaum recht nutzbar zu machen gewesen wäre, da auf der wirklichen Niederburg ja Raum genug vorhanden war. Als „Vorburg" sie zu verwerten war anderseits auch ausgeschlossen, denn man konnte unmöglich den Burgweg hier, an der steilsten Seite des Berges, hindurch leiten; eher hätte sie, in Deckung durch die Hauptburg, den Namen „Hinterburg" verdient. Daß der im Volksmunde ihr anhaftende Name „am roten Stein" (Rodenstein?) mit dem Roten Haus von 1397 etwas zu schaffen hat, wie auch gemeint wird, ist nicht denkbar, denn das rote Haus liegt auf der Oberburg. Die Urkunden weisen auch mit genügender Deutlichkeit darauf hin, daß die Niederburg die große Abplattung des eigentlichen Berghauptes ist; 1212 nennt Otto IV. die Marienkapelle die „capella sub castro nostro Landzcrone", 1470 eine Kundgebung des Heimersheimer Pfarrers „capellam B. M. V. prope castrum Landzkron, vulgariter nuncupatam funff Junfern Capell". Mit der Kapelle aber liegt auch jene Bergplatte unter oder in der Nähe der Burg und gehört nicht als Teil ihr an. Und wenn 1366 die Wohnungen, über welche der Burggraf zu verfügen hat, fast alle auf der Niederburg liegen, man diese aber in der Ebene an der Kapelle zu sehen haben soll, wozu soll dann die große Bergplatte oben gedient haben? Und hätte es einen Sinn, wenn die wichtigsten Wohnhäuser in der engen und am leichtesten anzugreifenden „Hinterburg" lägen?

Was die Einzelheiten der Anlage betrifft, so werden die beiden wichtigsten Fragen wohl immer unbeantwortet bleiben müssen: die nach dem Königshaus und die nach dem Bergfrid. Beide Bauten haben wir auf der Oberburg zu suchen. — Zunächst der Bergfrid. 1366 wird „der große Turn" genannt. Bei diesem Ausdruck braucht nun, wenn auch in der Regel, so doch nicht immer an einen Bergfrid im gewöhnlichen Sinne gedacht zu werden. Hier kann sehr wohl auch der starke Turm gemeint sein, den wir über den schweren, für einen Bergfrid jedoch nicht ausreichenden Grundmauern *A* annehmen müssen. Damit würde die Oberburg lediglich eine feste Wohnstatt gewesen sein, und wir hätten den Vorteil, für das Königshaus an Platz zu gewinnen. Landskron hätte dann eben keinen Bergfrid gehabt. Einleuchtender aber erscheint es, daß jener Turm *A* eins der aufgezählten Wighäuser oder Wohnbauten ist und „der große Turn" als runder Bergfrid, wie um 1200 üblich, auf der Oberburg stand, und zwar auf dem jetzt aller Mauerreste entblößten Platz *D*, einer Stelle also, die für ein letztes Refugium auf dem ganzen Burggelände die geeignetste ist. Die in Abb. 3 wiedergegebene kleine Zeichnung aus einer Landkarte von etwa 1600, die sich im Landskronschen Archiv findet und einen kampanileartig herausgestellten Bergfrid zeigt, unterstützt diese Annahme; doch was für Bundesgenossen derartige Abbildungen sind ist bekannt, und auch dieser soll nicht die Ehre eines besonderen Vertrauens entgegengebracht werden. — Die Vorstellung vom Plan der Burg Landskron als von einem gestreckt-ovalen Ring, in welchem, weit von einander gerückt, zwei Türme von selbständiger Bedeutung stehen, wird beachtenswert durch die

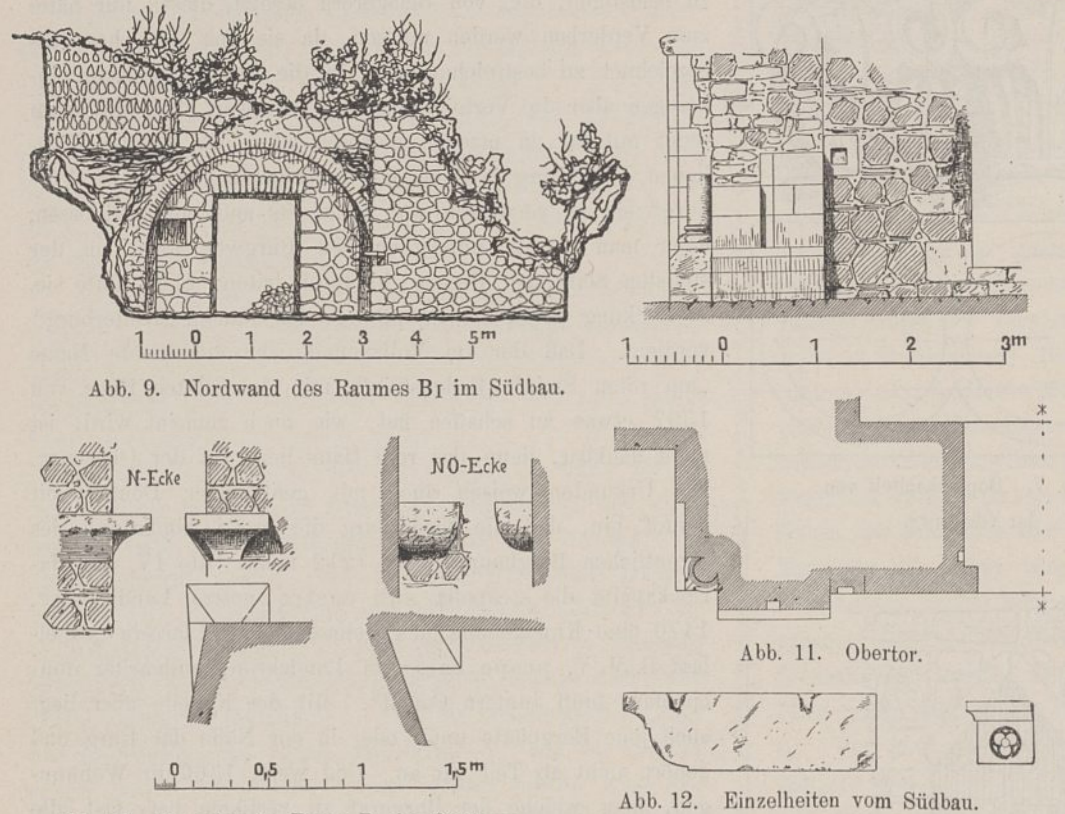


Abb. 9. Nordwand des Raumes B_I im Südbau.

Abb. 11. Obertor.

Abb. 10. Konsolen im Raum B_I des Südbaues.

Abb. 12. Einzelheiten vom Südbau.



Tatsache, daß Burg Thurand an der Mosel, die eine in dieser Beziehung genau entsprechende Anlage darstellt, ebenfalls von König Philipp, kurz vor dem Bau der Landskrone, gegründet worden ist (s. Boehmer). Wenn bei Landskron der eine der beiden Türme ein Wohnturm war, worauf der westliche Maueransatz hinzudeuten scheint, so liegt das in der oben bezeichneten Natur der Niederburg begründet.

Für das Königshaus bleibt nach Annahme eines Bergfrids D der Bau C oder B; beide vielleicht ein einziger rechtwinklig geknickter Baukörper, sofern C sich westwärts weiter als bisher zu erkennen erstreckt hat, in welchem dann auch die Wohnung des Burggrafen, die ohne Zweifel auf der Oberburg sich befand, war. Die besten Räume dürften die oberen Geschosse des Hauses B enthalten haben, das am gesichertsten lag und guten Ausblick auf den Hof und den Zwinger vor dem Haupttor bot, worauf ein besonderer Wert gelegt wurde (vgl. Nibelungenlied, Wolframs Parzivâl usw.). Darauf deuten auch die Funde von sehr guten romanischen Werkstücken, Kapitellen und Löwenköpfen, (Abb. 8) hin, die sämtlich vor diesem Haus B, meist bei c, gemacht worden sind, sowie die Ausstattung des über B_I gelegenen Raumes B_{II} mit einem schönen Kamin, von dem ein Sockelstück (1 in Abb. 8) an seiner alten Stelle erhalten ist. Fundstücke, die ebenfalls diesem Hause angehören, sind meist Fußbodenfliesen (Abb. 5 u. 6), unter ihnen besonders die in Abb. 6 wiedergegebene bemerkenswert: Die Art der scharfrandigen erhabenen Zeichnung der grauen unglasierten Tonfliese verweist sie ins frühere Mittelalter, die langspitze Form des dargestellten Wappenschildes ins 13. Jahrhundert, und wenn sie diesem einmal angehört, so bleibt keine andere Zeit für ihre Entstehung als die der Burgerbauung, um 1210. Um so beachtenswerter wird aber hierdurch ihre Auffindung, denn Fliesen mit heraldischen Darstellungen sind aus dieser Frühzeit höchst selten. Die Deutung der Zeichnung erscheint nicht ganz einfach, klar ist jedoch zu erkennen die Kaiserkrone als Landskroner Wappenbild; die Fliesen zeigen alle genau dasselbe Muster, so daß es nicht gelingt, etwa aus den Kreisstücken ein vollständiges geometrisches Gebilde zu erhalten. Bei einigen fehlt die Krone. — B_I ist ein mäßig beleuchteter kreuzgewölbter Durchgangsraum für die oberen Gemächer und wohl Aufenthaltsort für die Diener (Abb. 9). Das 1397 genannte rote Haus, das den Tomburgern und Einenbergern gemeinsam gehört, wird ebendieses selbe Haus sein, zumal für ein weiteres auf der Oberburg kein Platz ist. — Auffallend sind an der Außenseite der Wand bc schlotartige Kanäle, die auf Wohnräume vor dem Haus B hinzudeuten scheinen, welche hier jedoch kaum denkbar sind, da der Raum B_I seines Lichtes beraubt worden wäre, auch c nur eine strebepfeilerartig geböschte Wandvorlage ist; in bedeutender Tiefe ist hier ein auf einen Hof hindeutendes Basaltpflaster gefunden worden. — Die Oberburg sehen wir nun verstärkt durch den genau ostwärts vorgeschobenen Bau eines Rondeels, das mit seinem äußersten Halbrund tief die Felsen sich hinabzieht und ohne Verband gegen das obere Mauerwerk angesetzt ist. Es scheint die einzige Spur der Befestigung von 1646 zu sein, angelegt, um mittels größerer Feuergeschütze den ganzen flachen Osthang des Berges bestreichen zu können, und wahrscheinlich mit seiner Abdeckung nur die Bodenhöhe des oberen Zwingers erreichend. Um Landskron, Sinzig und Rheineck in Verteidigungszustand zu setzen, wurden in diesem Jahre 1646 insgesamt 72 Karren Kalk angeliefert (Chr. d. St. Sinzig).

Eng angelehnt an den als Königshaus bezeichneten Bau B liegt das Obertor (Abb. 11 u. 13), zwischen den backenartigen Rundungen der einschließenden Mauerkörper in ähnlicher Weise zurückweichend wie das Erentor in Köln zwischen seinen Türmen. Die spärlichen, nunmehr auch dem Verfall preisgegebenen Reste des Säulenschmuckes seiner Gewände lassen ahnen, welch vornehme Architektur die ältesten Hauptbauten der Landskrone zierte. Die lichte Weite des Tors ist 3,20 m, die Höhe bis Oberkante Kämpfergesims 2,80 m; die Scheitelhöhe des leicht überhöhten Rundbogens, den wir uns hier vorstellen müssen, also 4,50 m. Den Verschluß bildete ein inneres doppelflügeliges Tor, von dem noch die Drehpfannen und ein Lochstein für den wagerechten Riegelbalken an ihrer alten Stelle vorhanden sind, und, als wahrscheinlich erst spätere Verstärkung, ein ebensolches äußeres, auf welches außer den Drehpfannen auch eine in der Mitte der Durchfahrt liegende Riegelpfanne deutet; drittens aber ein Fallgatter. Wir haben es hier natürlich mit einem eigentlichen Torhaus zu tun, wie sie um 1200 üblich waren und wie das kleine Bild Abb. 3 ganz links eins zeigt. Es gehört dazu die balkenüberdeckte Durchfahrt G und die Torstube H,



Abb. 13. Obertor von außen.

von der aus der obere Raum zur Bedienung des Fallgatters, mit Schießschlitzen und Pechnase, zugänglich war.

Die Häuser der Niederburg sind größtenteils Fachwerkbauten gewesen, wie das im Mittelalter für Wohnhäuser die Regel war. Stellenweise, namentlich im Westen des Planes, haben sich fast meterhohe Lagen von Asche und verkohlten Balken gefunden, wohl vom Brande des Jahres 1677. Doch weisen die großen Mauerstärken der Bauten *A* und *JK*, die mit der Ringmauer von 1206 in Verband stehen und bereits als wahrscheinlich ebenfalls dieser Zeit angehörend erwähnt wurden, auf durchaus massive Bauart hin. Es leuchtet auch wohl ein, daß gerade die zuerst angelegten und zunächst noch einsam im Burgring liegenden Gebäude einerseits zu ihrer eigenen Sicherheit, anderseits zum Schutz des gesamten Burgteils, dem sie angehören, aus Stein errichtet wurden. — Den Plan der Niederburg, wie er in seinen Grundmauern überliefert ist, mit den urkundlichen Nachrichten über die einzelnen Baulichkeiten soweit in Beziehung zu setzen, daß die Bestimmung der Bauteile durchweg klar wird, ist leider nicht möglich. So werden uns auf der Niederburg nur zwei Häuser in ihrer Bedeutung bekannt. Das eine ist das Backhaus, in dem wir wohl noch das 1366 genannte vor uns sehn; der Ofen ist sehr schön erhalten, und auf der innern Brüstung des kleinen, mit Tuff flachbogig gedeckten Fensters zum Hof hin lag noch eine halbe Tonfliese, deren Zeichnung dem 14. Jahrhundert angehört. Das andere ist der langgestreckte Bau *F*, der sich durch die geringere Sorgsamkeit, mit der die wagerechte Schichtung des Mauerwerks ausgeführt ist, als ein späteres Werk erweist. Es ist wohl der „Newe Baw", der 1526 genannt ist, worauf folgender, auch an sich sehr bemerkenswerte Fund mit Bestimmtheit hinzuweisen scheint. In der Nähe des Hofeinganges im Gemach *e* sind unter andern Eisenteilen verschiedene Geschützstücke gefunden worden, von denen ein jetzt im Kgl. Zeughaus in Berlin aufbewahrtes in Abb. 14 wiedergegeben ist (eine andere Abbildung in Gohlke, Gesch. der gesamten Feuerwaffen, Göschen 1911) und die früheste Form, für diese aber wiederum wohl das einzig erhaltene Beispiel, der Feuergeschütze überhaupt vorstellt: eine 63,5 cm lange gußeiserne Steinbüchse aus einem Stück, von 21,1 cm Kaliber. Es wird noch der Mitte des 14. Jahrhunderts angehören, wofür das Vorkommen eines derartigen „Plumphartes" in einer Münchener Bilderhandschrift von etwa 1345—1350 spricht; die dort enthaltene Darstellung ist nach dem Anzeiger f. Geschichte d. Deutschen Vorzeit 1860, S. 405 „Zur Gesch. d. Feuerw." v. R. v. Rettenberg, in Abb. 15 wiedergegeben. Gohlke setzt das Stück allerdings erst in den Anfang des 15. Jahrhunderts. Außerdem fanden sich noch einige Flugstücke mittlerer Bombarden vor, die nicht sehr viel jünger sind. Es dürfte kaum ein Zweifel sein, daß diese letzteren unter die 1526 genannten „eisene Stückeltgen" gehören, die alte Steinbombarde aber das „heidnische steinene Stück" ist. Wir haben damit im Bau *F* den „Newen Bau weilandt Damiani Quadt" vor uns, wohl denselben, der 1419 als „das große nuwe Hus enbynnen dem oversten vurburge beneven der Portzen gelegen" bezeichnet ist, zumal auf dieses allein die Wendung „die lengende durch dat Huss" passen will. Und man ist jedenfalls berechtigt, in ihm einen Neubau zu sehn, welcher entstanden ist, als um 1366 Aussicht auf großen Zuwachs der Burgmannenschaft war; es dürfte das 1397 den Eynenbergs zur Hälfte überwiesene Haus bei dem Mühlenhaus sein. Also damals bereits eine Teilung dieses Hauses nach Stockwerken. Daß das Mühlenhaus tatsächlich in dieser Gegend gelegen hat, darauf weisen die Funde der Mühlsteine bei *h* vor der hohen Strebemauer hin. — Über die Lage anderer Baulichkeiten, die dem Namen nach überliefert sind, sollen hier keine Vermutungen ausgesprochen werden; die Ausgrabungen sind noch zu unvollständig, als daß das auch nur mit der geringsten Sicherheit geschehen könnte. Es sei nur bemerkt, daß am Westlauf der Ringmauer noch etwa sieben Zungenmauern im Boden des Burgplanes liegen, die vor Jahren einmal aufgedeckt waren.

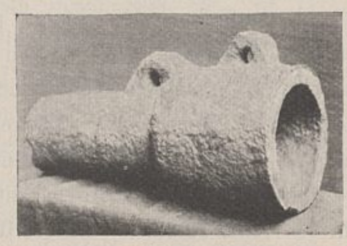


Abb. 14.
Steinbombarde (XIV. Jahrhundert?).



Abb. 15.

Die Anlage der Zwinger, 1366 Grindel genannt, ist je weiter vom Obertor entfernt umso mangelhafter erhalten, hauptsächlich weil diese Teile des späteren — Steinbruches Landskron den nutznießenden Dörfern am nächsten und bequemsten lagen. Am besten erhalten ist das mittlere Tor. Auch dieses hat man sich entschieden als ein vollständiges Pfortenhaus vorzustellen, das die Tiefe der Durchfahrt *L* hatte, den Raum *M* mit überdeckte und eine Eckverstärkung in Form eines Türmchens *N* aufwies; das Obergeschoß des Torbaues aber haben wir uns etwa von einem ebenen Platz aus unmittelbar zugänglich zu denken, welcher an der Außenpforte der Geschützhalle *e* im Neuen Bau begann. Den Verschluß bildete ein nach innen schlagendes doppelflügeliges Tor in der Vorderwand, dessen eiserne Drehpfannen im Stein eingelassen noch vorhanden sind, und in 4 m Entfernung vor diesem ein gleichartiges, welches mit ihm zusammen eine Art Barbakane ergab, die wohl als spätere Verstärkung gelten darf. Das Tor selber ist jedoch offenbar ein ältester Bestandteil der Feste, denn die Außenmauer des letzten Zwingers ist von vornherein so angelegt, daß sie glatt in die Ostwand des Torhauses einläuft, und auch sonst

fügt sich der Bau in die Anlage des Zwingers, die im ganzen und in allen ihren sonst bisher aufgefundenen Teilen ins 13. Jahrhundert gesetzt werden muß, ausgezeichnet ein. Die Stärke der äußeren Zwingermauer sowohl wie die des Blockes *P* beträgt durchweg 1,10 m, d. i. das Maß der Westwand des Hauses *J*. — Das untere Tor wird bei eben diesem hohen Mauerblock *P* zu suchen sein, der, in der vorzüglichen Arbeit der ersten Bauten aufgeführt, einem Hauptbefestigungsteil angehören muß, zufolge seiner verhältnismäßig geringen Stärke aber als Rest der Rückmauer des Torbaues zu betrachten ist. Von dem 1366 erwähnten kleinen Turm an der niedersten Pforte ist nichts mehr zu entdecken, wenn ihn nicht die Grundmauern *Q* getragen haben. — Die nordöstliche Zwingermauer lief von dem untern Tor aus aufwärts wahrscheinlich in leichter Krümmung glatt in die vor dem Mitteltor gelegene genau kreisbogenförmige Mauer ein; die heutige Führung des Weges ist nicht mehr ganz die ehemalige. Doch da, wo heute die kreisbogenförmige Mauer beginnt, fällt ein starker Block *S* auf, der ihren Zug unterbricht. Ein Tor ist hier nicht gewesen, es fehlt der Anschlag; sondern wir haben es offenbar mit einem Wighaus, das der ältesten Anlage angehört, zu tun; die Mauerstärke ist 1,60 m, gleich der des Baues *A*. Und zwar ist seine Form wohl die einer (nach der Burg zu offenen) halbrunden Schale gewesen, denn kurz vor der Abbruchstelle beginnt die Mauer in eine Rundung überzugehen, die zu einem Halbkreis ergänzt einen äußern Durchmesser von 5 m ergibt. Wie das steil abfallende Gelände unterhalb des nördlichen Ringmauerzugs zwischen Mittel- und Niedertor ausgenutzt war, ob hier Terrassengärten angelegt waren oder man es einfach en glacis ließ, muß dahingestellt bleiben. — Unten in dem als „enbynnen der nederster portzen" bezeichneten Hof war Raum für die Ställe; ebenso war, wie die hochanstehenden Mauerreste *U* bezeugen, die Breite des oberen Zwingers zu Wirtschaftszwecken ausgenutzt. — In welcher Form der unterste Zwinger nach Westen hin, in Richtung auf die tief unterhalb liegende Kapelle abschloß, ist noch unermittelt, es ist hier alles mit Geröll bedeckt und mit Dornen verwachsen. Wünschenswert wäre namentlich zu erfahren, ob der Bau *T* mit ihm in Verbindung stand, ob *T* etwa der „Erker enbinnen der nederster Portzen" (1374) ist, oder ob er einfach den Eckbau der westlichen Schlußwehr des Zwingers vorstellt; die Westmauer von *T* hat genau die Richtung auf das Gemäuer *Q*. Hinzuweisen ist darauf, daß *T* von der Niederburg aus unmittelbar zugänglich war, worauf das Abweichen der nördlichen Ringmauerflucht aus der Kurve heraus an der Stelle, wo sie sich dem Bau *T* nähert, deutet; wir dürften es hier mit einem der Blidenplätze zu tun haben, von dem aus Niedertor und Westhang des Berges, sowie der Platz an der Kapelle am besten zu bestreichen war. — Etwas rätselhaft ist auch die Bedeutung jener ziemlich großen, flachbogiggewölbten Tür *d*, die aus einem tiefen Kellerraum an der westlichen Ringmauerflucht ins Freie führt. Für eine Ausfallstür ist ihre Lage wohl zu frei. Sollte ihr Vorhandensein darauf hindeuten, daß auch hier im Westen sich einst ein Zwinger hinzog, von dessen äußerer Stütz- und Wehrmauer ein Rest bei *T* erhalten wäre? Damit würde sich der Zwinger zu einem äußerst festen Ringe um die Burg zusammenschließen, fast einem zu festen, denn diese Seite ist von Natur stark genug, ein Angriff war hier nicht zu erwarten. — Höchst eigentümlich erscheint es nun aber, daß die sonst so ausgezeichnet umwehrte Burg am Backhaus keine Spur von einem Zusammenschluß der Ringmauer mit der Oberburg aufweist. Längs der Türwand des Backhauses führt eine schmale Steintreppe nach außen hinauf, die Ecke des Backhauses ist hier gerundet und von einem Maueranschnitt keine Spur, ebensowenig an der gegenüberliegenden Ecke der Oberburg; und man gewinnt durchaus den Eindruck, daß diese Stelle des Geländes für genügend sicher gehalten wurde, um sie unbeschützt zu lassen.

Rings um die Ruinen legt sich heute in einer Breite von 40 bis 60 Metern ein Gürtel von dichtem Dorngestrüpp, nur am sanfteren Osthang ist er ausgerodet und durch Wald ersetzt worden. Es ist der reiche Nachwuchs des Gebückes, das wir 1366 erwähnt finden, damals wohl als dünnerer Ring in Pfeilschußweite die Burg umgebend. Seine ausdrückliche Erwähnung schon um die Mitte des 14. Jahrhunderts ist für die Kunde der rheinischen Burgen recht wertvoll, da sein Vorkommen namentlich für die frühere Zeit in der Regel stark bezweifelt wird (Essenwein), für Hessen z. B. bestreitet Franck (Picks Monatchr. 1881, der Deutsche Burgenbau usw.) seine Anwendung gänzlich.

Die Wasserversorgung scheint sich auf Landskron schwierig gestaltet zu haben. Nach dem Burgfrieden von 1366 sind zwei Zisternen und ein Brunnen vorhanden. Dieser Brunnen ist nicht in der inneren Burg, wie aus der Kundmachung von 1419 hervorgeht, doch innerhalb des Zwingers, da erst 1419 die Abschließung des Brunnenganges durch eine Tür für erforderlich erachtet wird. Der Plan Abb. 2 zeigt jedoch mitten auf der Niederburg einen (9 bis 10 m tiefen) runden Brunnenschacht. Es ist also zunächst hier an üblicher Stelle nach Wasser gesucht worden, aber ohne Erfolg; so gab man die Bemühungen auf und setzte sie wahrscheinlich im Osten der Burg mit besserem Gelingen fort, benutzte aber den einmal vorhandenen Schacht nach Einbringen eines dichten Lehmlagers als Zisterne. Die zweite notwendige Zisterne mußte auf der Oberburg liegen. Es ist der Raum *g* im Hause *C*, dessen Wände mit Hilfe eines starken Putzes von rotem, ziegelmehlhaltigem Mörtel undurchlässig gemacht sind. Die Zisterne auf dem Plan an der Marienkapelle hat mit der Burg nichts zu tun.

In kirchlicher Beziehung gehörte Landskron zum Kölner Archiepiskopat und unterstand in der ersten Zeit der Pfarre Königsfeld; und zwar das wohl von vornherein, trotzdem erst Heinrich VII. im Jahre 1226 den Burggrafen von Landskron zum Patron für Königsfeld ernennt und zugleich bestimmt, daß der Pfarrer von Königsfeld selbst oder durch Vertreter die Cura auf der Burg auszuüben habe. 1414 dagegen heißt es in einem Brief des Bischofs von Toskana wegen Wiederaufnahme des infolge persönlicher Streitigkeit mit dem zuständigen Pfarrer von diesem samt der Mehrzahl seiner Burgmannen abgefallenen Herrn von Einenberg und Landskron in seine rechte Pfarre: „castro in Lanscrone, quod sub cura et regimine animarum Rectoris parocchialis ecclesie in Heymersheim situatus existeret." — An Gebäuden oder Räumen, die für den Gottesdienst zur Verfügung stehen, und zu denen die unterhalb der Burg gelegene Marienkapelle nicht gehört, gibt es auf der Niederburg 1366 zwei, durch



Abb. 16. Oberburg von Westen.



Abb. 17. Oberburg von Süden.

Errichtung des Neuen Baues (*F*) kommt eine dritte hinzu. Vielleicht hatte die Oberburg — etwa in Form einer Altarnische innerhalb eines Wohnraumes — noch eine vierte aufzuweisen.

Für sich besteht die Marienkapelle unter der Burg (Schorn, Eiflia sacra I und II. — Gesch. Atl. d. Rhprov., Erläut. V. — de Lorenzi, Gesch. d. Trierer Pfarreien). Der Kultort ist wahrscheinlich alt, worauf der Name „Jungfernkapelle“ oder „Fünfjungfernkapelle“ in Verbindung mit dem Bestehen einer aus Basaltsäulen gebildeten natürlichen Grotte, die heute gleichsam das Sanctuarium der Kapelle bildet, und nach welcher diese selbst „Cluse“ genannt wurde, hindeutet. Es handelt sich offenbar um ehemaligen Matronenkult auf dem Gymnich (vgl. Bonner Jahrbücher 1848, S. 44 und 115; 1868, S. 78), der abgesehen von seiner auffallend regelmäßigen Gestalt noch die besondere und seiner Erwählung zur Geisterwohnung sehr zu statten kommende Eigenschaft besitzt, in starkem Maße magnetisch zu sein. Es wird wie häufig so auch hier eine Ersetzung des heidnischen durch den christlichen Kult stattgefunden haben; doch hören wir von dem Dasein einer Kapelle erst 1212, und zwar in einer Form, die auf eine eigentliche Neugründung des Heiligtums bei Gelegenheit der Erbauung von Landskron durch Philipp hinzuweisen scheint: Otto IV. sichert in diesem Jahr während seines Aufenthalts auf der Feste Landskron der Kapelle seinen kaiserlichen Schutz und Freiheit von Abgaben und von Vogtei zu, und nennt sie „capellam sub castro nostro de Landscronen fundatam“. — „Die gegründete“, doch nicht: „von uns“! So mag sie eine Schöpfung oder vielmehr Wiederherstellung Philipps sein — oder seiner Gemahlin. Sollte ihr Name „Marienkapelle“ auf die Kaiserin Irene, die als ihren deutschen Namen den der Maria gewählt hatte, hinweisen? — Später wird die Kapelle kaum je erwähnt. Doch erfahren wir, daß 1470 die Herren von Landskron das Präsentationsrecht für sie haben, das ihnen wohl schon früh zugestanden hat. In jenem Jahr zeigt der Heimersheimer Pfarrer Gerhardus de Goch an, daß er den Kleriker Laurentius Duyingin an der Kapelle investiert habe, den ihm die Ritter und Herren von Landskron Lutter Quad und Johann von Einenberg präsentiert haben. — Der Bau selbst ist schmucklos und ganz unbedeutend. Nach Lehfeldt ist er 1794 entstanden, doch soviel zu erkennen ist dies nur das Herstellungsjahr des ebenfalls nicht weiter beachtenswerten Altarbildes, auf diesem ist es verzeichnet. Die Mauern mögen wohl älter, noch gotisch, sein; doch ist im 17. und 18. Jahrhundert an Kleinigkeiten mancherlei erneuert worden, denn die Kapelle blieb immer in Gebrauch und ist noch heute eine Wallfahrtsstätte für Kinderkrankheiten.

Es mag vielleicht verfrüht erscheinen, ein Bauwerk zu veröffentlichen, noch ehe die im Gange befindliche Ausgrabung alle Bauteile, die unter Schutthaufen verborgen liegen, wieder ans Licht gebracht hat. Doch das Wesentliche und Wertvolle ist schließlich das, was wir heute schon sehen, und ob das Einzelne der Anlage durch Zutagetreten weiterer Reste viel klarer werden wird, ist die Frage. Was verschlägt es auch im Grunde, ob wir wissen, wo die zwei Kapellen oder des Herrn Haust von Ulmen Haus gelegen hat? Immerhin — zu wünschen wäre es wohl, die ganze Anlage in ihren Grundmauern einmal überblicken zu können. Und nach den Einzelfunden, die gemacht worden sind, ist zu erwarten, daß noch manches an wertvollem Wirtschafts- und Kriegsgerät ans Licht kommen würde. Zu wünschen aber wäre ganz besonders, daß das, was aufgedeckt worden ist und noch aufgedeckt werden wird, auch erhalten bleibe. Wie sehr die von ihrer schützenden Erdhülle entblößten Reste namentlich unter dem Wissensdurst der Ausflüglerscharen leiden und viele für die Beurteilung der Burganlage wertvolle Einzelheiten, eine an ihrem alten Ort erhaltene Fliese, ein Fensterbogen, Gewölbeanfänger, verloren oder unkenntlich werden, ist schon im Laufe eines Sommers bemerkbar. Und eben in der Hoffnung ist auch die Veröffentlichung jetzt bereits erfolgt, daß ein etwa ausgesprochener Wunsch nach Mitteln zur Erhaltung der Ruine offenere Ohren finde als bisher, wo man mit Lehfeldt in Landskron nur „eine Mauer und formlose Trümmer“ sah. Nur wolle der Himmel diese und möglichst viele andere Burgen davor bewahren, daß an Stelle der Erhaltung eine Restaurierung, ein Wiederaufbau, in Szene gesetzt wird! Denn selbst aus den „formlosen Trümmern“ der Landskrone hat dieses Gespenst schon sein Haupt erhoben. Eine Burg von einem Erhaltungszustand, wie sie ihn hat, ist dafür doch die allerungeeignetste. Man soll sich hier getrost mit der schönen Aussicht begnügen; sie ist es wert. — Zum Schluß ist es wohl am Platze, mit großer Anerkennung des Pächters der Ruine Joseph Möhren zu gedenken, der seit 1906 aus eigenen Mitteln und mit vieler Vorsicht an der Freilegung der Ruine arbeitet und bei der Aufnahme ihres Grundrisses die schätzenswerteste Hilfe geleistet hat. Heinrich v. Behr.

Chinesische Dachformen.

Neuer Versuch zur Widerlegung der „Zelttheorie".*)

Vom Regierungsbaumeister Mahlke in Altona.

(Mit Abbildungen auf Blatt 46 bis 48 im Atlas.)

Es ist wohl nicht weiter verwunderlich, daß die Gestaltung des Daches, eines in China jahrtausendelang stärker als in Europa bevorzugten wesentlichen Gebäudeteiles, in einem so entlegenen Lande wie China, dessen Volk ebenso lange sich künstlich abschloß gegen die übrige Welt, zu Formen geführt hat, die uns neu und ungewohnt sind und, weil wir ähnliches nirgends finden, kennzeichnend erscheinen für China und einen Teil der benachbarten Staatengebilde, die im Laufe der Zeit in irgend einem besonderen Verhältnis zum Reiche der Mitte gestanden haben. Zu diesen Eigentümlichkeiten gehört in erster Linie die Schweifung des Daches und die Aufkrempung der Traufecken (vgl. Abb. 1 Bl. 46). Das sind so merkwürdige Erscheinungen, daß sie selbst Laien in die Augen springen und daß ihrer in jeder Reisebeschreibung über China Erwähnung getan wird. Selbstverständlich hat sich die gelehrte Fachwelt Europas für diese Eigentümlichkeit besonders interessiert, zunächst in England und Frankreich; in deutschen Fachkreisen hat man erst viel später der Baukunst so weit entfernter Völker Beachtung geschenkt. Heinrich Hildebrand, ein deutscher Ingenieur, der Erbauer der Schantung-Eisenbahn, fand für sein Werk über den Tempel Ta-chüeh-sy bei Peking noch im Jahre 1897 nur so geringes Interesse, daß seine umfassende und lehrreiche Ausarbeitung der Vergessenheit anheimgefallen wäre, wenn nicht die Vereinigung Berliner Architekten die Veröffentlichung in einer allerdings nur geringen Anzahl von Abdrucken in die Hand genommen hätte. Erst später begann in Deutschland eine allgemeine Teilnahme für die Vorgänge in Ostasien. Da ließ Baltzer, ebenfalls Ingenieur, seine umfang- und inhaltreichen, ungemein gründlichen Arbeiten über japanische Architektur drucken, die auch weiteren Fachkreisen einen Einblick ermöglichte in ein bisher so wenig erforschtes Gebiet. Er bespricht zunächst 1902 im Zentralblatt der Bauverwaltung S. 507 die Abhandlung eines Japaners Dr. J. Ito über „Die Tempelanlage von Horiuji bei Nara in Japan". In der Zeitschrift für Bauwesen veröffentlicht er 1903 „Das japanische Haus, eine bautechnische Studie". Später erschien zunächst in derselben Zeitschrift 1905 und 1906, dann aber als erweiterter Sonderabdruck aus dieser Zeitschrift im Jahre 1907 Baltzers „Architektur der Kultbauten Japans".

Deutsche Architekten fingen an, sich in die Arbeiten dieses für den japanischen Hochbau so begeisterten Ingenieurs zu vertiefen; eine sehr überraschende Frucht dieser Beschäftigung war dann die Veröffentlichung von F. Laske „Der ostasiatische Einfluß auf die Baukunst des Abendlandes, vornehmlich Deutschlands, im 18. Jahrhundert". Diese Veröffentlichung erschien zunächst im Jahrgang 1908 der Zeitschrift für Bauwesen, dann aber bedeutend erweitert 1909 in Berlin, im Verlage von Wilhelm Ernst u. Sohn. An anderer Stelle im Zentralblatt der Bauverwaltung vom 25. März 1908 bespricht Laske das Baltzersche Werk über „Die Architektur der Kultbauten Japans". Er sagt dort u. a.: „Gern hätte der Architekt ja Baltzers Ansicht über die Entstehung gewisser stark in die Augen fallender und von der Baukunst des Abendlandes abweichender Formen, wie vor allen Dingen über . . . . die Entstehung der Form des hohlgeschwungenen Daches der buddhistischen Tempel vernommen." Er führt Lafcadio Hearn und Victor Champier für die Zelttheorie ins Feld und scheint selbst dafür eintreten zu wollen. Das ermutigte mich, zur Lösung dieser Frage beitragen zu helfen.

Die Beobachtung, daß ein gewisser Stillstand in allen Dingen in China durch Jahrhunderte unverkennbar ist und ein zähes Festhalten an Althergebrachtem auf Schritt und Tritt in die Augen fällt, mag wohl zu der Annahme geführt haben, die geschweiften Dachformen seien eine Erinnerung an die Linien des alten Nomadenzeltes (Zelttheorie).

Paléologue schreibt hierüber: „Die allgemein übliche Bauform, ting genannt, ist das wohlbekannte, zurückgebogene, überhängende, von kurzen Säulen getragene Dach, dessen Ursprung unsicher ist. Vermutlich war das Zelt der einstigen asiatischen Horden das Vorbild. Jedenfalls erinnert die Krümmung des Daches an die Höhlung der an Pflöcken befestigten Zeltleinwand, und die Niedrigkeit der meisten Häuser, sowie der Mangel an einer Decke und an Seitenfenstern vervollständigt die Ähnlichkeit. Das Festhalten der Chinesen an der Tradition bekräftigt vollends die Annahme, daß die auf uralten Vorschriften beruhende Bauart „ting" dem Zelt der Nomaden nachgebildet ist."

Wer diese Erklärung zuerst gegeben hat, läßt sich nicht genau feststellen. Jedenfalls wird sie schon in der Abhandlung von J. M. Callery „De l'architecture Chinoise" in der Revue de l'architecture et des travaux publics" im Jahre 1857 erwähnt. Nach einer Äußerung von César Daly, welche sich auf S. 348/349 derselben Revue 1857 findet, hat dieser Callery längere Zeit in China gelebt; er hat sogar die Würde eines Mandarins ehrenhalber erworben. Daly macht auf die Ausarbeitung von Callery besonders aufmerksam; er sagt: „Wir legen der Abhandlung von M. Callery um so größere Bedeutung bei, als es in der einschlägigen Literatur über diesen Gegenstand kein ernst zu nehmendes Buch gibt. Die englische Abhandlung von Chambers ist durchaus ein Werk der Phantasie, und dennoch kennen unsere europäischen Fachgenossen die chinesische Architektur höchstens durch dieses Buch und durch die Malereien auf Porzellanvasen, Lackarbeiten und Teebüchsen." Die Werke von Chambers sind genau 100 Jahre früher, also 1757, veröffentlicht worden. Sie sind wirklich ein kühnes Phantasiegebilde und wahrscheinlich Schuld an all dem Unfug, der in jener Zeit als chinesische oder japanische Architektur an europäischen Fürstenhöfen in die Welt gezaubert worden ist. Eine andere

*) Nach einem vom Verfasser am 11. Januar 1909 im Berliner Architekten-Verein gehaltenen Vortrage.

Bedeutung haben sie nicht. Auf große Genauigkeit macht Chambers selbst gar keinen Anspruch.

Callery verwirft die Zelttheorie; er versucht eine andere Erklärung zu geben, die aber in weitem Bogen um den Kern der Frage herumgeht, ohne ihm irgendwie näher zu kommen. Auf diese Ausführungen brauche ich deshalb nicht näher einzugehen.

Nach der Schrift von Callery ist man in maßgebenden Kreisen erst der Frage nach der Erklärung der Dacheigentümlichkeiten wieder nähergetreten Ende der achtziger Jahre des vorigen Jahrhunderts. Im Journal of the China branch of the Royal Asiatic Society, 1889/90 Vol. XXIV S. 253 bis 288 liefert J. Edkins einen Aufsatz über „Chinese Architecture“, aus dem für die vorliegende Abhandlung folgende Ausführungen bemerkenswert sind: „Die chinesische Architektur hat nichts zu tun mit der Nachahmung von Zeltformen. . . . . Die Architektur der Chinesen in frühester Zeit war eben geometrisch und praktisch brauchbar. Phantastische Kurven am unteren Teil der Dächer kamen erst später mit Vorliebe in Aufnahme; ihr Ursprung muß im Buddhismus gesucht werden.“ An anderer Stelle sagt derselbe Verfasser: „Die gebogenen Traufen chinesischer Bauten sind wahrscheinlich eine Nachahmung einiger früherer Pagoden, die zahlreich errichtet wurden seit dem sechsten Jahrhundert; da China keine Erklärung für die gebogenen Traufen zu bieten vermag, scheint es nötig, sie auf eine fremde Quelle zurückzuführen.“

Abb. 1. Hof des Klosters Tai't'singkung bei Tsingtau.

Diese Veröffentlichung von J. Edkins hat s. Zt. die Mitglieder der Royal Asiatic Society lebhaft bewegt, und zwar besonders seine Ausführungen über die Chinesen-Dächer und über die Zeltfrage. Man war nicht zufrieden mit seinen Ausführungen und hätte eine gründlichere Behandlung besonders der eigentümlichen Dachformen gewünscht. Dies geht hervor aus dem in derselben Zeitschrift 1889/90 veröffentlichten Aufsatz über „The Tent theory of Chinese Architecture“ von S. Ritter v. Fries. Dieser Gelehrte ist der erste, der es versucht hat, mit verständigen Gründen an die Lösung der beregten Dachfrage heranzutreten. Er selbst ist kein Architekt, kein Bausachverständiger. Er gibt für die weitere Behandlung der Dächerfrage Richtlinien an, u. a. führt er auch einen etymologischen Beweis. Aus seinem Aufsatz verdient folgendes Beachtung: „Wenn wir annehmen, die Chinesen waren mit der Zeltform so vertraut, daß sie ebendieselbe sogar beim Bau ihrer Häuser dauernd beibehielten, müssen wir in erster Linie in der Lage sein, nachzuweisen, daß die Eingeborenen jemals in Zelten gewohnt haben. . . . . Soweit ich habe in Erfahrung bringen können, betrachten sich weder die Chinesen selbst als Nomaden, noch werden sie von fremden (westlichen) Geschichtschreibern als solche geschildert. Wir haben allen Grund zu glauben, daß sie schon in allerfrühester Zeit ein seßhaftes Volk waren, und zwar hauptsächlich Bauern (vgl. Shênnung, der göttliche Landwirt), ein Beruf, der schon ganz von selbst das Umherziehen verbietet. Angesichts dieser Tatsachen sollten wir sehr kräftige Grundlagen fordern für die Annahme, daß die Chinesen statt Höhlen- und Hüttenbewohner irgendwann einmal Zeltbewohner gewesen sind. Daß Zelte von ihnen benutzt worden sind auf ihren zahlreichen Kriegszügen, selbst im grauen Altertum, will ich gern zugeben, zumal sie ihren Gebrauch in solchen Fällen von ihren nördlichen nomadischen Nachbarn haben lernen können. Mein nächster Beweisgrund ist etymologisch. Hat irgendeiner der Charaktere (Wortzeichen) oder ein Teil derselben, welcher den Begriff „Haus, Wohnung, Heim usw.“ bezeichnet, auch nur die geringste Beziehung zu einem zeltähnlichen Gebilde? Weisen nicht die Wurzeln (Radicals) 宀 mien und 戶 hu unverkennbar beide hin auf eine Höhle und eine Wohnung mit Türen, wodurch sie ganz deutlich anzeigen, daß ein Zelt nicht gemeint sein kann? Schließlich ist der Ausdruck chang-fang für „Zelt“ ein Kompositum und deshalb natürlich auch eine Erfindung neuerer Zeit. Wenn es gar nicht möglich ist, Beweisgründe anzuführen, weder aus der Geschichte noch aus der Sprachforschung zur Verteidigung der Zelttheorie, so möchte ich mir die Frage erlauben, durch welche Umstände werden wir dann noch gezwungen, anzunehmen, trotz dieses bezeichnenden Schweigens, daß die Zeltform der Grund der charakteristischen Form und Anordnung chinesischer Gebäude ist? Die sonderbare Schweifung des Daches ist, wie ich berichtet, so ein Beweis nach dem ersten Eindruck. Ich wage nicht nur anzuzweifeln, daß das übliche Chinesendach seine Form vom Zelt hergeleitet hat; ich gehe sogar weiter, ich behaupte, daß eine solche Schweifung schwerlich irgend einen Vergleich mit einem Zelte verträgt. Die Außenlinien des letzteren sind notwendigerweise gerade, und nur der Raum zwischen dem

Rahmenwerk, bedeckt mit Lappen, Fellen und ähnlichen Stoffen, ist gebogen und zeigt eine Kurve, und dies wieder hauptsächlich an Zelten mit einem Dreiecksprofil, welche die wenigst wahrscheinliche Art sind, der man sich bedient hat. Das „yurt", welches die Tartaren, Kirgisen und Kalmücken bauen, ist rund und häufig halbkreisförmig und hat nicht die geringste Ähnlichkeit mit einem Chinesenhause. Die Dachfläche der Häuser der Eingeborenen ist nicht gebogen, die Ziegelteile aber oder die Balken an ihren beiden Enden, manchmal auch der Dachfirst, lassen die eigentümliche Krümmung erkennen. Die Dachfläche dagegen ist vollkommen eben und trägt, besonders im Süden, deutliche Spuren von gespaltenem Bambus, welcher für die Eindeckung abwechselnd die hohle und die erhabene Seite zeigt; die erhabenen Teile liegen oben wie Rippen, und diese Form hat sich so bewährt, daß man ihr selbst an Ziegeldächern folgt. Es leuchtet mir also ein, daß der Ursprung des Chinesenhauses der Gegenwart von Höhlen und Hütten herzuleiten ist, und das offenbar verwirrende Schnörkelwerk der Dachecken und des Dachfirstes kann, wenn es hergeleitet werden muß, gerade so gut seine Ursache haben in den unebenen Formen des groben Materials, das für den Bau der urzeitlichen Hütte Verwendung fand. Wie dem auch sei, so bin ich doch mehr der Meinung, daß diese eigentümlich geformte Linie kein Erbteil früherer Zeiten, sondern eine künstlerische Verschönerung ist an den mehr und mehr vervollkommneten Häusern und Tempeln."

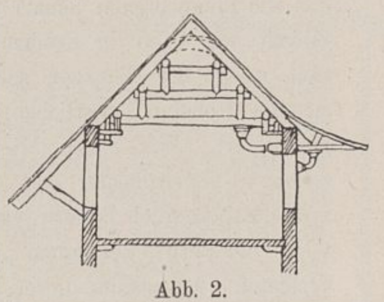


Abb. 2.

Einen neuen Beitrag über Chinesendächer finden wir in dem etwas später, 1891, erschienen Werke „History of Indian and eastern architecture" von James Fergusson. Seine Abhandlung beginnt Fergusson mit der Verabschiedung der Zelttheorie und bringt dann einige neue Gedanken. Er äußert sich folgendermaßen: „Die fragliche Dachform entsprang einer konstruktiven Forderung, welche andere gut tun würden nachzuahmen. In einem Lande wie China, wo in bestimmter Jahreszeit sehr schwere Regenmassen niedergehen, erfordern Ziegeldächer der üblichen Form einen hohen First, um das Wasser abzuleiten (carry off); der gleißende Sonnenschein einer anderen Jahreszeit dagegen bringt Mauern und Fenstern den so durchaus nötigen Schatten. Wenn (wie links in Text-Abb. 2) die Dachschräge so weit wie nötig hinausgeführt ist, um dem letzten Zwecke zu entsprechen, sind die oberen Fenster zu sehr verdunkelt, und es ist unmöglich, aus ihnen herauszusehen. Um diesem Übelstande abzuhelfen, ziehen die Chinesen ihre Traufen fast wagerecht aus der Wandfläche heraus, wo ein Leck nur geringe Bedeutung hat; dann aber suchen sie den durch das Zusammentreffen dieser beiden Schrägen entstehenden häßlichen Winkel auszugleichen durch Einlegen einer hohlen Kurve, welche nicht allein dem doppelten Zweck des Daches wirkungsvoller entspricht, sondern — wie die Chinesen denken und vielleicht mit Recht — die gefälligste Dachform hervorruft."

Ganz ähnliche Gedanken äußert H. Hildebrand in seinem ungefähr gleichzeitig 1897 erschienenen Werk über den Tempel Ta-chüeh-sy. Er sagt darüber folgendes: „Woher die geschweifte Form der Dächer ihren Ursprung genommen hat, ist vielfach Gegenstand der Erörterung gewesen, und man

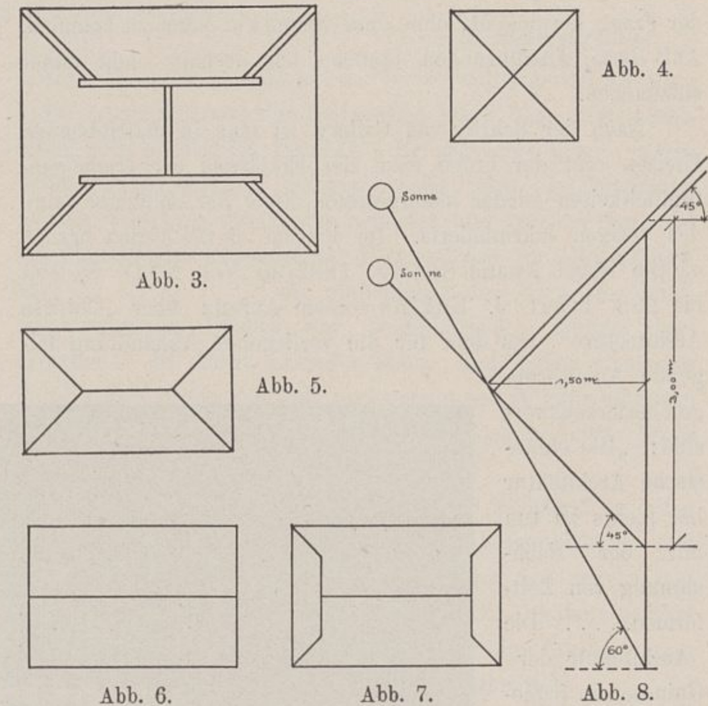


Abb. 3. Abb. 4. Abb. 5. Abb. 6. Abb. 7. Abb. 8.

hat jene Frage damit abzutun versucht, daß man als Vorbild der chinesischen Dächer ein Zelt mit geschweiften Leinewandflächen annahm. Ob es der Form dieser Dächer (Text-Abb. 3) entsprechende Zelte jemals in China gegeben hat, mag hier dahingestellt sein. In der Technik begreift man bekanntlich unter dem Namen Zeltdach ein Dach, das von allen Seiten nach einer gemeinschaftlichen Spitze ansteigt (Text-Abb. 4), und wechselt die Bezeichnung, sobald z. B. die Dachlinien nicht nach einer Spitze, sondern nach einer Firstlinie ansteigen, indem man ein solches Dach ein Walmdach nennt (Text-Abb. 5). Es liegt daher kein Grund vor, das chinesische Dach, das bei Tempeln und Wohnhäusern fast ausschließlich die in Text-Abb. 6 und 7 dargestellte Form hat, mit dem Namen „Zeltdach" zu belegen oder ihm als Vorfahr ein Nomadenzelt zuzumuten und anzunehmen, daß aus solchem luftigen Gebilde mit der Zeit das von allen Dächern der Welt schwerste und massigste entstanden sei. Die Form dieser Dächer scheint vielmehr lediglich aus dem Bedürfnis hervorgegangen zu sein. Das zur Verfügung stehende Abdeckungsmaterial der Dächer bedingte eine steile Anlage derselben. Hätte man nun den zum Schutz des Holzgebäudes erforderlichen notwendigerweise weit überstehenden Dachteil in derselben Steigung wie den übrigen Teil des Daches, etwa unter 45° weiter laufen lassen, so würden (Text-Abb. 8) selbst bei einer tiefen Stellung der Sonne, unter 45° gegen den Horizont — von der oberen Mauerfläche der Tempel schon 3 m, also die sämtlichen Fenster vollständig in Schatten gehalten worden sein, und die ohnehin schon jetzt sehr dunklen Tempelräume noch weniger Licht erhalten haben."

Die Übereinstimmung der ungefähr gleichzeitig geäußerten Ansichten von James Fergusson und Heinrich Hildebrand über die Eigentümlichkeiten der Chinesendächer sollte erwarten lassen, daß nun das große Rätsel gelöst ist und endlich Klarheit herrscht über die Gründe, durch welche

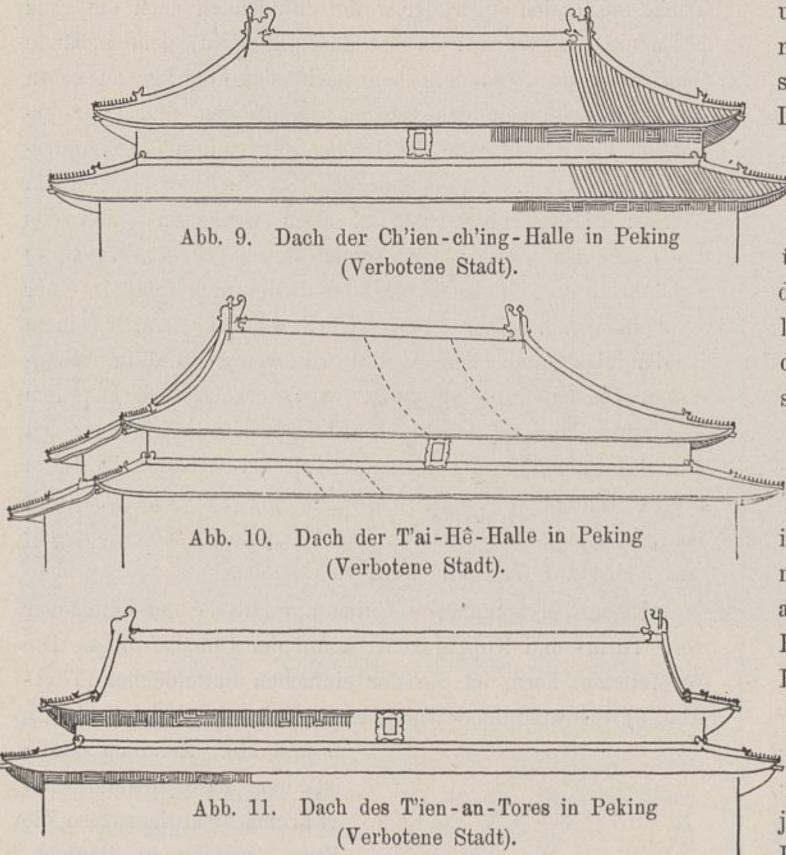


Abb. 9. Dach der Ch'ien-ch'ing-Halle in Peking (Verbotene Stadt).

Abb. 10. Dach der T'ai-Hê-Halle in Peking (Verbotene Stadt).

Abb. 11. Dach des T'ien-an-Tores in Peking (Verbotene Stadt).

man sich in China zu den soviel bestaunten Dachformen hat bewegen lassen. Prüft man aber die Gründe, welche James Fergusson und Heinrich Hildebrand anführen, an den hier beigefügten Abbildungen oder an Lichtbildern oder Veröffentlichungen anderer chinesischer Bauten, so stößt man sehr bald auf Unklarheiten und Widersprüche, und man überzeugt sich davon, daß des Rätsels Lösung noch immer auf sich warten läßt.

F. Baltzer, der Verfasser der wertvollen Abhandlungen über japanische Architektur, verbreitet sich eingehend über die Konstruktion der Dächer und ihre Einzelheiten, erwähnt aber nur beiläufig das „hochragende mächtige Satteldach mit etwas hohl gekrümmten Dachflächen.“ Er spricht diese nach innen gerichteten Krümmungen in den Dachflächen, am Giebel, in der Firstlinie und die nach oben gerichtete Schweifung der Traufkanten an den Ecken an als Merkmal buddhistischer Baukunst und begnügt sich mit dieser Erklärung, die für diese Formen in Japan ebenso richtig wie für China falsch ist: es sind in China erfundene Architekturformen, die den Japanern durch buddhistische Mönche aus China bekannt geworden sind. Vielleicht führt die eingehendere Beschäftigung mit den chinesischen Dachformen zu besserem Verständnis ihrer Eigenart.

Das Dach hat in China eine ganz andere Bedeutung als bei uns. Es muß dort schützen gegen die sengende Glut und die blendende Helligkeit der Sonne, gegen die herniederprasselnden Tropenregen, gegen die Gewalt der Stürme. Man kann sich in unseren Breiten keinen Begriff von der Helligkeit machen, die dort am größten ist, wo die Sonne im Zenit steht. Die Sonnenstrahlen treffen da senkrecht auf, und es ist klar, daß dort die größeste Helligkeit sein muß, eine viel größere als an allen anderen Stellen der Erde nach den Polen zu; denn jeder kleinste Meridianteil ist mehr oder weniger geneigt gegen die Richtung der Sonnenstrahlen. So erhalten beispielsweise die Breiten, die um 60° gegen die Zenitstellung der Sonne geneigt sind, nur die Hälfte der Strahlen, die auf eine gleichgroße Fläche senkrecht zur Strahlenrichtung, also im Zenit, auftreffen. Diese große Helligkeit wirkt schmerzend auf die Augen, selbst wenn man sich durch schwarze Brillen und schwarze Schirme schützt, weil auch die Reflexstrahlen, die vom hellsandigen Straßenboden in die Augen dringen, durch übergroße Helligkeit lästig werden. Das fällt ja allgemein in den Breiten nahe dem Äquator auf. Aber auch in nördlicheren Gegenden, z. B. in unserm Tsingtau (Kiautschou), das auf etwa 36° nördlicher Breite annähernd gleich mit den südlichen Azoren, Gibraltar und Malta liegt, lassen sich Erscheinungen feststellen, die lediglich auf die Beleuchtung zurückzuführen sind, die hier erheblich heller ist als in der Heimat. Die Höhenzüge des sehr hügeligen Geländes in und um Tsingtau scheinen kulissenartig aneinander gerückt; man täuscht sich in den Entfernungen und hält zunächst alles für viel näher, als es in der Tat ist. Auch beim Photographieren muß man auf die größere Strahlendichtigkeit Rücksicht nehmen; man sieht sich genötigt, mit erheblich kleineren Blenden zu arbeiten, um die Lichtfülle auf das richtige Maß zu beschränken.

Die Hitze in tropischen und subtropischen Breiten ist ja allgemein bekannt. Man schützt sich gegen sie durch Dächer von ausreichender Dicke, die aber in dieser Stärke auch nötig sind für die in der Regenzeit oft mit großer Heftigkeit niedergehenden unglaublichen Wassermengen. Auch hiervon macht man sich vielfach in der Heimat ein ganz falsches Bild. Die Regenzeit fällt für Tsingtau ungefähr in die Monate Juli, August und September. Während der übrigen Monate ist fast ununterbrochen schönes Wetter und klarer Sonnenschein. Wenn es dann regnet, so regnet es oft ohne Unterbrechung zwei bis drei Tage oder noch länger und manchmal in wolkenbruchähnlicher Stärke. Dann bricht die Sonne wieder siegreich hervor; aber die Erquickung, die man sich zuerst davon verspricht, bringt sie nicht. Es wird sehr heiß, und die der Erde mitgeteilte Feuchtigkeit verdampft in solcher Menge, daß die Luft tagelang mit Wasserdampf so gesättigt ist, daß die Hauttätigkeit gehemmt wird; trotz größester Hitze hört die Schweißabsonderung auf und eine lästige Schlaffheit und Mattigkeit befällt alle; nur eiserne Energie hält uns aufrecht. Diese feuchtheiße Witterung kommt nun dem Wachstum der Pflanzen recht ausschließlich zugute; alles knospt und sprießt empor mit einer hier nicht gekannten Schnelligkeit. Leider gedeihen auch gerade Schmarotzerpflanzen. Leder schimmelt; Stoffe, besonders wollene, ebenso; Brot, welches man morgens frisch gekauft hat, ist schon am Abend mit Schimmel bedeckt; Zigarren werden feucht und weich und lassen sich nur besonders verpackt einigermaßen rauchbar erhalten. Bei einem so kräftigen Wachstum darf es daher auch nicht weiter wunder nehmen, wenn man vielfach auch auf Dächern, ja auf den höchsten Spitzen der vielstöckigen Pagoden Gräser und Pflanzen findet, die zunächst nicht etwa als das Zeichen hohen Alters oder uralter Verwahrlosung der Gebäude anzusehen sind; Pflanzensamen werden in die Furchen der Dächer hineingeweht; Tropenregen und Sonnenwärme lassen den Samen aufgehen, und bald sehen wir Gras und Kraut, Blätter und Blüten aus den Dächern hervorsprießen.

Eine Beschreibung des Klimas wäre ungenügend, wollte man nicht auch der Stürme Erwähnung tun, die mit verheerender Gewalt dahinbrausen, durch die mitgeführten Staubmassen das Licht der Sonne verdunkelnd. Auch unsere junge Kolonie Tsingtau hat Stürme erlebt, die so stark waren, daß ganze Dächer von den nach europäischer Art gebauten Häusern flogen. Man begreift, weshalb die Dächer der Chinesen so dick, so massig, so schwer gemacht worden sind!

In den nördlichen Provinzen kennt man im Winter neben der Kälte auch den Schnee. Selbst in Tsingtau schneit es, allerdings sehr selten und nur wenig. Eine Ausnahme machte der Winter im Anfang des Jahres 1905, der eine ungewöhnlich große Menge Schnee brachte. Eine höchst auffallende Erscheinung konnte man bei dieser Gelegenheit beobachten: Der Schnee schmolz nicht zu Wasser wie bei uns, sondern verdampfte. Dies konnte man besonders an den Stellen erkennen, wo, wie z. B. in Schluchten eine größere Menge Schnee zusammengetrieben war. Hier sah man auch noch viele Wochen nach dem Schneefall, als schon längst wieder die Sonne ihre wärmenden Strahlen herniedersandte, weiße Schneeflächen, die allmählich aufgezehrt wurden und verdampften, ohne daß sich der häßliche Schneematsch gebildet hätte. Ganz ähnliche Erscheinungen treten offenbar im nördlichen Japan auf. Baltzer hat beobachtet, daß es selbst in Tokio noch zu den Seltenheiten gehört, daß der Schnee wirklich mehrere Tage lang liegen bleibt, weil die Sonne in diesen Breiten eine solche Kraft besitzt, daß ihr Erscheinen die Reste des Schnees, die vielleicht ein am Tage vorher wütender Schneesturm zusammengetrieben hat, in kürzester Zeit zum Verschwinden bringt.

Es leuchtet ohne weiteres ein, daß in einem Lande mit solchem Klima, wo man sich gegen Sonne und Regen in ganz anderer Weise als bei uns schützen muß, das Dach eine viel größere Bedeutung gewinnt als bei uns; diese Bedeutung äußert sich im Aufbau ganz allgemein und in der Behandlung der einzelnen Teile, und es ist nicht zu viel gesagt, wenn Heinrich Hildebrand in seinem verdienstvollen Werke über den Tempel Ta-chüeh-sy bei Peking, behauptet, „das eigenartigste Glied in der Baukunst der ostasiatischen Völker ist das Dach.“

Auch F. Baltzer äußert sich in seiner Abhandlung über „Das japanische Haus“ in der Zeitschrift für Bauwesen von 1903 ganz ähnlich: „Das niedrige, meist eingeschossige Holzhaus .... macht auf den ersten Blick einen schuppen- oder scheunenartigen Eindruck, dem anscheinend jede architektonische Wirkung abgeht. Und doch muß man schon von vornherein eine Ausnahme zugestehen: nämlich in der Erscheinung des Daches. Wenn dieses nicht mit Stroh oder Holzschindeln, sondern mit Ziegeln gedeckt ist, so macht es mit seinem starken Relief, dem lebhaften Fugenspiel der zum Teil mit blendend weißem Mörtel verstrichenen Stoßfugen, mit seinen durch kräftige Gliederungen hervorgehobenen First-, Trauf-, Ort- und Gratlinien, mit der graziösen Schweifung der Traufkanten an den Ecken eine gefällige, außerst lebhafte Wirkung, wie sie unsre heimischen Dächer, deren Flächen oftmals dem Auge gänzlich entzogen sind, nicht immer zu erzielen vermögen.“

Mit Ausnahme der Turmpagoden hat man es fast immer nur mit einstöckigen Gebäuden zu tun; auf diesen fällt dem Dache tatsächlich außer der wetterschützenden noch die ganz besondere Aufgabe zu: es hat dem Unterbau, dem Gebäude überhaupt, das besonders kennzeichnende Gepräge zu geben und zur Schönheit des Ganzen beizutragen und zwar erheblich mehr als etwa die Dächer auf mehrstöckigen europäischen Bauten. Paléologue schreibt hierüber in seinem Werke: „L'art chinois“: „Bei allen Gebäuden spielt das Dach die Hauptrolle; von seiner Beschaffenheit hängt die Schönheit, die Großartigkeit oder Bedeutungslosigkeit einer Baulichkeit ab. Das Übergewicht, welches derartig einem in der abendländischen Architektur wenig auffällig behandelten Gebäudeteil eingeräumt wird, erklärt sich aus dem Umstand, daß der Aufriß eine sehr geringe Erhebung hat und das Dach der augenfälligste Teil der Gebäude ist. Um in die Eintönigkeit einige Abwechslung zu bringen, greift man, besonders bei Palästen und Tempeln, zur Verdopplung und selbst zur Verdreifachung des Daches.“

Eigentlich kommen in China nur Sattel- und Zeltdächer vor. Turm- und Kuppeldächer kennt der Chinese nicht. Die verbreitetste Form ist die der einfachen Satteldächer (Text-Abb. 6). Gewöhnliche Walmdächer sind selten (Text-Abb. 5, 9 und 10). Ziemlich häufig ist der Krüppelwalm und zwar merkwürdigerweise die Form, welche in Deutschland sich nur selten findet. Dies ist der Krüppelwalm, dessen Traufe in gleicher Höhe mit der Satteltraufe liegt (Text-Abb. 7 u. 11). Für den besonders auf dem Lande in der deutschen Heimat so beliebten Krüppelwalm ist mir ein Beispiel in China nicht bekannt. Pultdächer haben nicht die Bedeutung wie bei uns. Wenn sie hier in Deutschland nicht Elemente besonderer Dachgruppierungen, sondern lediglich eine Folge unserer baupolizeilichen Vorschriften sind, wirken sie fast immer unschön. In China sind mir alleinstehende Pultdächer nicht aufgefallen; sie treten immer als Teile einer Dachgruppierung auf und bilden dann meist den Schutz der

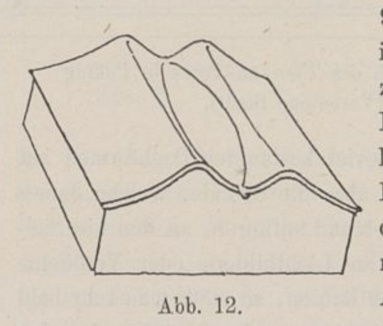


Abb. 12.

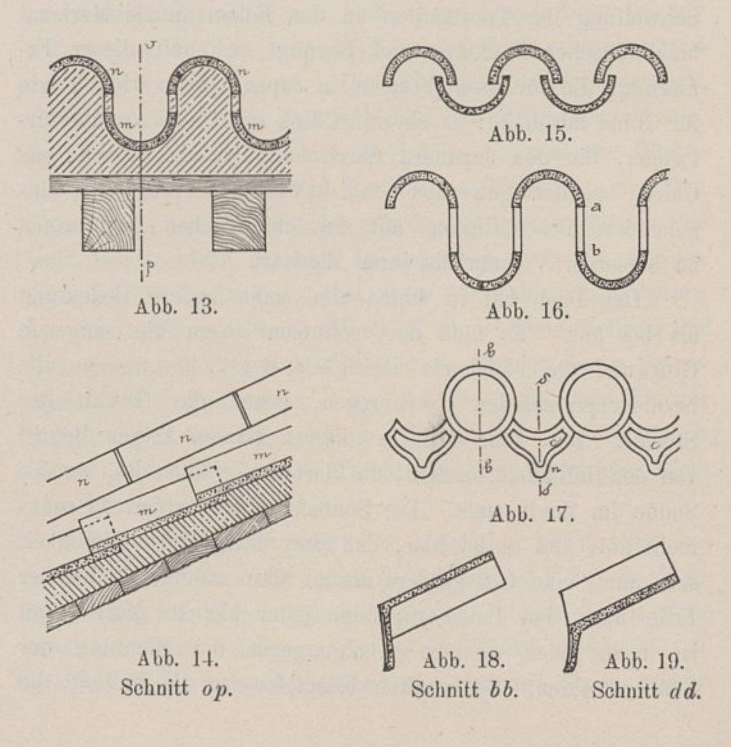


Abb. 13. Abb. 15. Abb. 16. Abb. 17.

Abb. 14. Schnitt *op*. Abb. 18. Schnitt *bb*. Abb. 19. Schnitt *dd*.

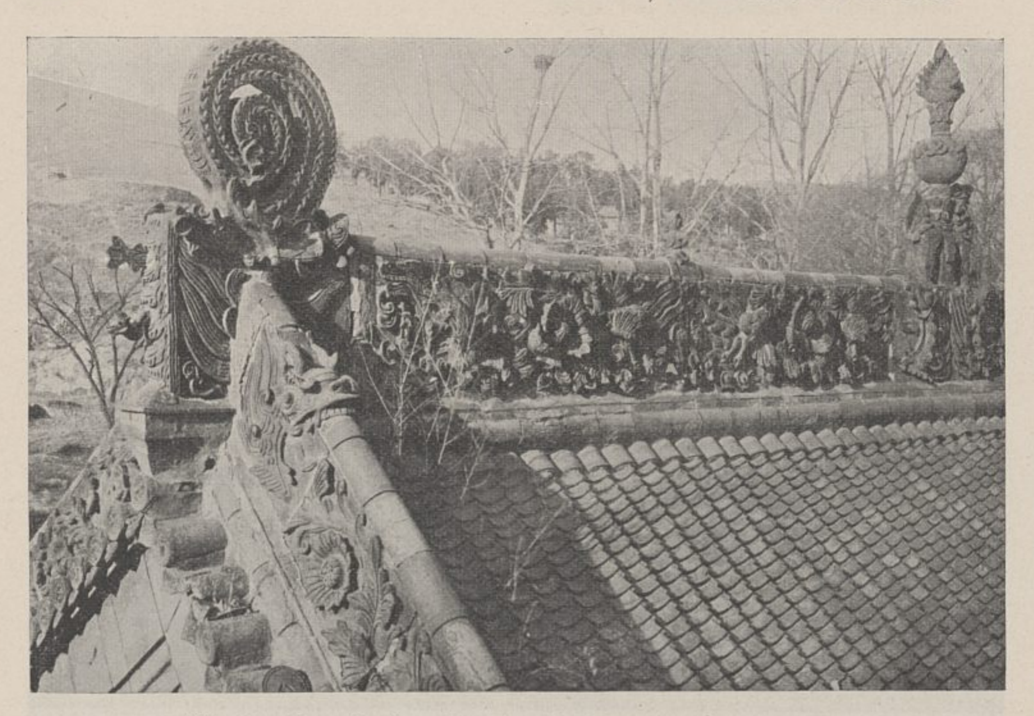


Abb. 20. Tempeldach in Poschan, Firstbekrönung aus Terrakotta.

sich um einen maßiven inneren Gebäudekern herumziehenden Veranden, so daß sie dann im ganzen die Mantelfläche einer abgestumpften Pyramide bilden; sie tragen aber in China immer zur Erhöhung der Schönheit des Ganzen bei.

Außer dieser Dachform kommt noch eine sehr eigentümliche Dachbildung vor, die eigentlich weiter nichts ist als ein Zwillingssatteldach. Zwei parallele Satteldächer sind mit ihren beiden einander zugekehrten Traufen vereinigt. Wie die Wasserabführung aus dieser verwachsenen Traufe bewirkt wird, ist aus der Text-Abb. 12 zu erkennen; ein flacher Sattel ist so zwischen die inneren Seiten des Zwillingsdaches eingefügt, daß die ganze Wassermenge, welche auf den zwischen den beiden Firsten liegenden Teil herniederregnet, mit Gefälle den beiden Punkten zugeführt wird, wo die Giebel mit ihrer Traufe aneinander stoßen.

Die Zeltdächer sind von besonderer Eigenart; sie haben kreisrunde und vieleckige Grundrißformen und bestehen, wie die Satteldächer, aus einem, zwei, oder höchstens drei Geschossen. Es kommt auch vor, daß der vieleckige Grundriß des inneren Gebäudekerns im unteren Dachgeschoß beibehalten wird, während das höhergeordnete, spitz zulaufende Dachgeschoß aus kreisrunder Traufe ansteigt. Liegt der Dachbildung ein Vieleck zugrunde, so finden sich auch der Zahl der Ecken entsprechend viel Grate mit den eigenartigen Aufkrempungen. Ist der Grundriß kreisrund, so liegt kein Anlaß zur Gratbildung vor; die Folgen davon sind das Fehlen der Aufkrempungen und eine kreisrunde in der Ebene liegende Traufe. Eine besondere Abart dieser Zeltdächer sind die Dächer der vielgeschossigen Pagoden. Mansarddächer gibt es ebensowenig wie Kuppelbauten. An keinem Dach in China stehen die Ziegel an der Traufe steiler als in der Nähe des Firstes. Das wäre aber gerade an Mansard- und an Kuppeldächern der Fall.

Man findet Ziegel- und Rohrdächer. Es gibt auch flache Lehmdächer, die jährlich wiederholt mit Lehm beschmiert werden müssen, um die entstandenen Fugen abzudichten.

Die größere Mehrzahl der Unbegüterten begnügt sich mit Wohnungen allereinfachster Art, deren Fußboden die nackte Erde ist, deren Mauern aus Strohlehm aufgeführt oder aus Granitfindlingen hochgepackt und deren Dächer mit Stroh gedeckt sind. Auf den zwei Querbalken, — Binderbalken — welche das Haus in drei Raumteile zerlegen, wird ein Dachstuhl aufgesetzt, auf dem die Pfetten ruhen, die zunächst mit einer Lage Kauliangstroh gedeckt werden; dieses wird mit Lehm verschmiert und mit Berggras oder Weizenstroh bedeckt. Der Dachfirst wird mit sattelförmigen nebeneinandergereihten großen Ziegeln überstülpt. — Stroh- und Rohrdächer sieht man auch auf einfachen Tempelanlagen und Klöstern (Text-Abb. 1). Solide Häuser mit Ziegeldächern trifft man zumeist nur in Städten und reichen Marktflecken, weniger auf dem flachen Lande.

Wann zuerst Dachziegel in China hergestellt wurden, ist nicht sicher festgestellt; diese Technik scheint im dritten Jahrhundert v. Chr. begonnen und bald danach allgemein bekannt geworden zu sein (vgl. Oskar Münsterberg, Chinesische Kunstgeschichte, 1910, Band 1 S. 73). Die Dachziegel sehen außen und im Bruch wie die übrigen chinesischen Mauersteine blaugrau aus. Diese blaugraue Farbe ist keine Besonderheit des zum Brennen verwendeten Tons. Der Ton läßt sich ebensogut rot brennen, braucht aber dazu schärferes Feuer. Wenn auch die Brandhaut der graublauen Ziegel eine gewisse Härte aufweist, so sind doch die dumpfklingenden Ziegel innen meist nicht genügend durchgebrannt, so daß nach Verletzung der äußeren Brandhaut die Verwitterung des inneren Teiles rasch vor sich geht. Die Dachziegel mögen, da sie dünner sind, im allgemeinen etwas härter gebrannt sein, als die gewöhnlichen Mauerziegel; sie haben aber auch nur eine sehr geringe Festigkeit. An besseren Gebäuden findet man deshalb auch glasierte Dachziegel verschiedener Färbung, die naturgemäß der Witterung besser widerstehen, als einfach gebrannte Steine. Auch Firste und Grate sind manchmal mit glasierten Kacheln ausgestattet.

Die Chinesen kennen, soweit ich beobachten konnte, nur Dachziegel von Formen, die unsern Klosterdächern eigen sind; es gibt Nonnendächer und Mönch-Nonnendächer. Merkwürdigerweise haben sie ihre Dachziegel ganz ähnlich bezeichnet wie wir: sie unterscheiden männliche und weibliche. Die Grundform des Dachziegels ist etwa die eines halben mehr oder weniger flachen Zylinders oder eines halben abgestumpften Kegelmantels ohne jeden Ansatz oder Einschnitt. Diese Form findet in einfachster Weise als Nonnendach Verwendung. Ein mit reicher Firstbekrönung verziertes Tempeldach in Poschan (Text-Abb. 20) gibt eine Vorstellung davon. Beachtenswert ist die besonders schöne regelmäßige Lage der Ziegel; so regelmäßig wie auf diesem Bilde findet man nicht häufig die Eindeckung. Da die Ziegel dieses Nonnendaches nicht durch Mönche überdeckt sind, müßte eigentlich zwischen je zwei Ziegelreihen eine offene Mörtelfuge entstehen. Ein Blick auf die Abbildung lehrt, daß eine solche Fuge nicht

vorhanden ist. Die Art, wie die einzelnen Ziegel verlegt sind, zeigt eine gewisse Ähnlichkeit mit deutscher Schieferdeckung: die Deckgebinde steigen zum First in schräger Linie auf. Der höherliegende Ziegel überdeckt den ihm zunächst gelegenen geraden Rand des Nachbarziegels desselben Gebindes; nur ein verhältnismäßig kurzes Stück bleibt unbedeckt. Die Ziegel ruhen nicht wie unsere Nonnenziegel in allen Teilen symmetrisch auf der Unterbettung; sie haben alle eine Drehung im nämlichen Sinne um ihre Symmetrieachse erfahren: so ist die Überdeckung der unteren durch die im Gebinde nach oben folgenden Ziegel ermöglicht und die Mörtelfuge durch den über ihr liegenden Ziegelrand gegen den herniederfallenden Regen geschützt. Die obersten Nonnenziegel sind von Mönchen überdeckt.

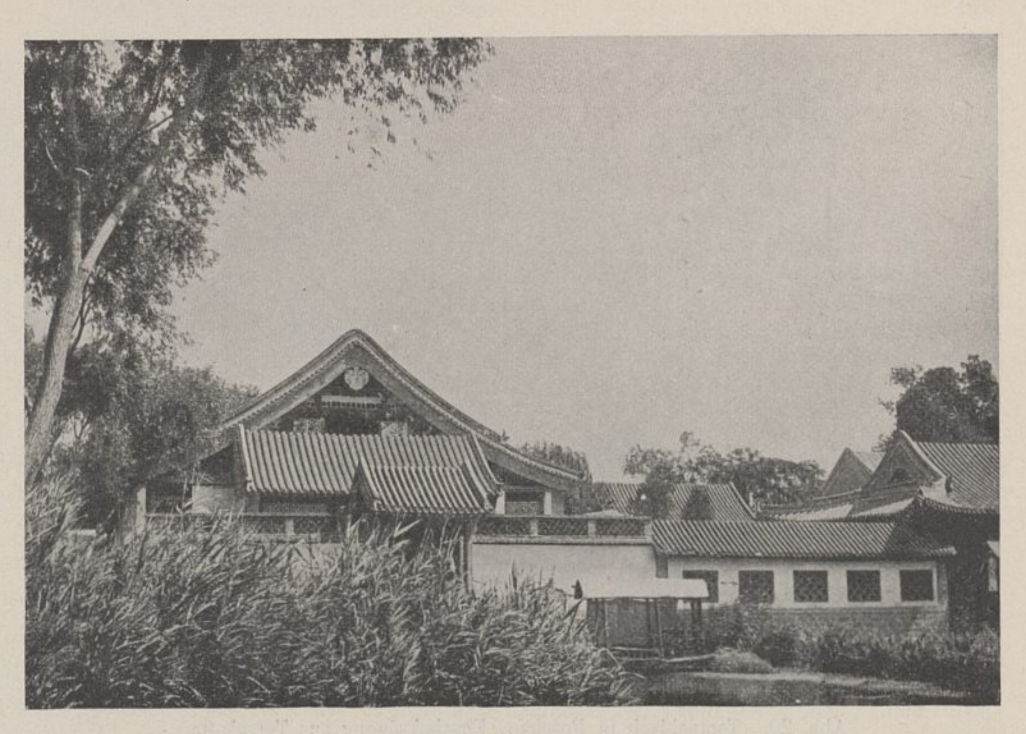


Abb. 21. Tsinanfu, Lotosteich außerhalb der Stadt.

Wenn die Regenfuge gedeckt ist durch darüber gelegte Dachziegel von derselben oder ähnlicher Form, so entsteht ein Dach, ganz ähnlich unserem Mönch-Nonnendach. H. Hildebrand schreibt hierüber in seiner bereits erwähnten Abhandlung: „Über den 8—10 cm starken runden oder viereckigen Sparren aus Tannenholz liegt eine 3—4 cm starke Verschalung aus stumpf aneinander stoßenden Brettern. Der Zwischenraum zwischen zwei Sparren ist gleich der $1-1^1/_2$-fachen Sparrenstärke. Die (auf die Schalung aufgebrachte) Betonlage ist im Mittel 10—15 cm stark und besteht aus einem mageren Gemisch von sandiger Erde mit Luftkalk. Hierauf liegen zunächst die eine Rinne bildenden Hohlziegel *m*, welche sich parallel der Dachneigung um 2—3 cm überdecken oder auch stumpf zusammenstoßen, und über diesen die mit der konvexen Seite nach oben gekehrten, eine Rippe bildenden Hohlziegel *n*, welche stumpf aneinander stoßen (Text-Abb. 13 u. 14). Die Hohl- und Zwischenräume zwischen den Dachziegeln sind vollständig mit Betonmasse ausgefüllt und alle Öffnungen und Fugen sorgfältig mit Mörtel verstrichen. Ohne das wäre ein Dichthalten eines solchen Daches nicht möglich; die Arbeit des Verstreichens der Fugen muß aber häufig erneuert werden, und so sieht man auch heutzutage alljährlich vor Beginn der Regenzeit auf den Dächern Pekings, die noch genau so wie die alten Tempeldächer hergestellt sind, Arbeiter mit dieser Verrichtung beschäftigt. Der Fall, daß die beiden Reihen Hohlziegel übereinandergreifen wie etwa in Text-Abb. 15 angedeutet, kommt im Tempel Ta-chüeh-sy nicht vor, wohl aber der andere, daß die obere Ziegelreihe ganz fehlt und durch eine oben ausgerundete Rippe aus Beton ersetzt ist, oder daß die Entfernung zwischen den einander zugekehrten Ziegelenden eine ganz beträchtliche, bis zu 5 cm und darüber wird, wobei der Zwischenraum *a—b* (Text-Abb. 16) durch Mörtel geschlossen wird."

Mit besonderer Sorgfalt sind die Traufziegel behandelt. Text-Abb. 17 zeigt die Ansicht der Traufe, Text-Abb. 18 einen Schnitt durch einen Mönch-, Text-Abb. 19 einen Schnitt durch einen Nonnentraufziegel. Die Traufnonne führt das Regenwasser ab, sie ist an der Stirnseite lippenförmig nach unten gebogen und auf dieser Schauseite meist reliefartig verziert mit einem Drachen- oder Pflanzen- oder geometrischen (Buchstaben-)Ornament. Auch die Mönchsreihe schließt ein besonders geformter Traufziegel nach unten ab. Die Stirnseiten dieser Traufziegel sind meist kreisrund geschlossen und mit einfachen Ornamenten verziert (vgl. Laufer, Chinese pottery of the Han Dynasty, Taf. LXV oder Oskar Münsterberg, Chinesische Kunstgeschichte 1910 Bd. 1, S. 73). Aber auch andere Mönchtraufziegel kommen vor; das Beispiel Text-Abb. 22 zeigt einen Abschluß, der einer Adelskrone ähnlich sieht: über einem flachgebogenen Stirnprofil sind eine ungleiche Zahl von perlenförmigen Verzierungen angebracht. Durch solche besonders geformten Traufziegel erzielt man einen durchaus gleichmäßigen sauberen Beginn der Ziegelreihen, der nicht so schön ausfallen würde, wenn diese besonderen Formen den



Abb. 22.



Abb. 23. Sommerpalast in Peking.

unteren Anfangsziegeln nicht verliehen wären und man häßlich verschmierte Mörtel- oder Lehmpfropfen als Traufschluß zu sehen bekäme, die sich nach längerem Regen auswaschen würden.

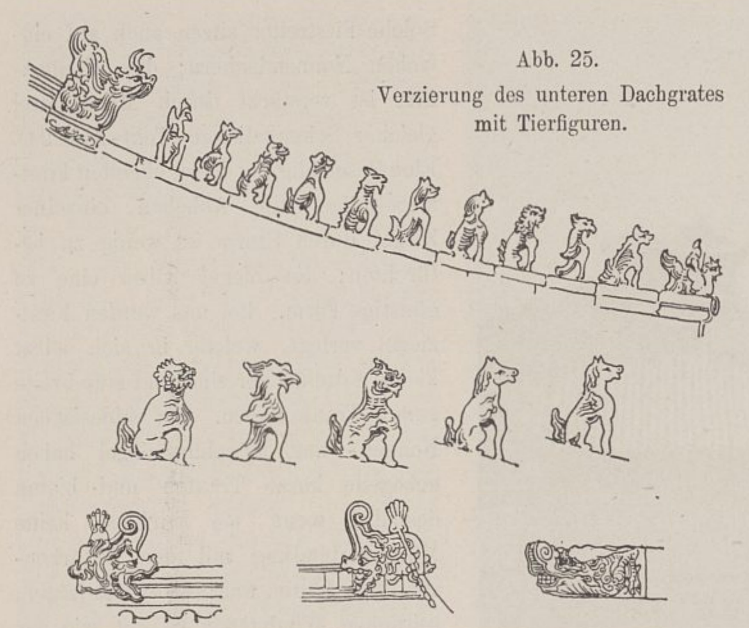
An den Firsten ist den Chinesen eine Überdeckung gelungen, die insofern sehr merkwürdig ist, als es sich hier um Formen handelt, die ebensogut an unsern mittelalterlichen Dächern hätten verwendet werden können, auf die man aber in Europa meines Wissens nicht gekommen ist. Man hat einfach die Ziegel der letzten höchsten wagerechten Reihe, Nonnen sowohl wie Mönche, um den First in sich selbst sattelförmig herumgebogen, nicht überall, nicht immer; denn dieses Hilfsmittel setzt eine saubere Arbeit und sorgfältige Einteilung der schräg aufsteigenden Regenreihen voraus, da doch auch hier die Eindeckung von unten, von der Traufe aus auf beiden Seiten gleichmäßig beginnt und im First genau zusammentreffen muß (Text-Abb. 21 und 23).



Abb. 24. Pavillon an den heiligen Quellen in Tsinanfu.

Solche Firstreiter sitzen auch auf einfachen Nonnendächern; der Nonnenfirst ist verstärkt durch Mönchsättel gleicher Schenkellänge (Text-Abb. 24). Eine Beschädigung dieser obersten Firstziegelreihe, ein Abheben einzelner Ziegel durch Sturm ist wenig zu befürchten; die Ziegel haben eine zu günstige Form. Bei uns werden Firstziegel verlegt, welche in sich selbst kleine Satteldächer sind und eine breite gerade Traufe haben. Die chinesischen Nonnen- und Mönchfirstziegel haben gebogene kurze Traufen und bieten deshalb, wenn sie wirklich keine Mörtelverbindung mit der Unterkonstruktion hätten und nur lose auflägen, seitlichen Windstößen so gut wie gar keine Angriffsmöglichkeit, während unsere Firstziegel, wenn sie gelockert sind und vom Sturm erfaßt werden, sofort eine Breitseite öffnen, wo sich der Wind heruntersetzt und viel leichter ein Abdrehen der Ziegel um die noch auf dem Dache ruhende gegenüberliegende Traufkante bewirken kann.

Einen Versuch, wie man ihn zur Wiedereinführung der früher so beliebten mittelalterlichen Klosterdächer bei uns mehrfach mit Erfolg getan hat (vgl. Zentralblatt der Bauverwaltung vom 22. Oktober 1904 S. 536 und vom 17. August 1907 S. 447), durch besondere Übergangsformen der Mönch- und Nonnenziegel von der Form des Halbzylinders oder halbierten abgestumpften Kegelmantels in glatte und ebene Formen den Anschluß der Grate und Firste zu erleichtern, haben die Chinesen nicht gemacht; sie kennen ja auch die Biberschwänze oder eine ähnliche Dachziegelform nicht. Die zum Aufhängen der Biberschwänze erforderlichen Nasenansätze würden an den schwachgebrannten Tonziegeln nicht lange gehalten haben. So waren sie genötigt, sich nach einem andern Mittel umzusehen, die starken ungleichförmigen Fugen an den Firsten und Graten ihrer Nonnen- und Mönchnonnendächer zu schließen; sie taten dies durch massive Aufbauten, die sich wie hochkantig aufliegende Balken über First und Grate hinziehen. Diese Linien waren ihnen und sind ja auch für unsere Dächer, abgesehen von den Kehlen, die meist gefährdeten Stellen der Dachhaut, die Stellen, an denen die meisten und gleichzeitig die unbequemsten Ausbesserungen nötig werden. Ein Abheben der First- und Gratholme durch Sturm wird durch das Gewicht dieser Masse erschwert. Aber gerade dieses Gewicht, was ja so nötig ist, wirkt nun bestimmend auf die Form der Grate und somit auf die Dachform überhaupt. Wir haben gesehen, daß die Chinesen wohl in der Lage sind, den Traufziegeln durch besondere Ansätze besondere Formen zu geben. Die Ansätze tragen sich selbst; sie würden aber bald abreißen, wenn die Zugfestigkeit der Ziegel in irgendeiner Weise stärker in Anspruch genommen würde. Der Stoff ist nicht danach angetan, starkem Zug kräftig zu widerstehen, während er Druck von gewisser Stärke eher vertragen kann. Noch schlechter ist es mit der Bindekraft des Mörtels bestellt. Wenn auch

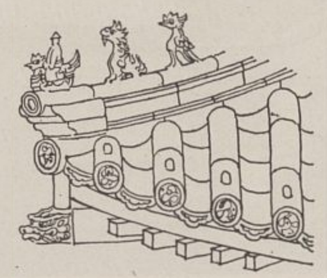

Abb. 25. Verzierung des unteren Dachgrates mit Tierfiguren.

der verwendete Kalk einwandfrei ist, so ist doch bei dem großen Mangel an gutem Sande nur ein sehr mäßigen Ansprüchen genügender Mörtel zu erzielen. Statt guten Sandes ist man in den allermeisten Fällen genötigt, sich des Lösses zu bedienen, der ungeheuere Flächen in China bedeckt und von dem A. Gaedertz, Kgl. Baurat, Direktor der Schantung-Eisenbahn-Gesellschaft, in seinem Vortrag über Schantung, gehalten in der Kolonialgesellschaft Berlin-Charlottenburg — 1902 — folgendes mitteilt: „Der Löß ist aus eckigen Sandkörnern und tonigen Teilen zusammengesetzt; ein leichter Eisengehalt im Ton ruft die braungelbe Farbe hervor. Der Löß ist sehr mürbe, aber doch so fest, daß er vertikal in hohen Wänden ansteht. Sehr feine Röhrchen durchziehen ihn mit zahlreichen stets nach unten gehenden Verästelungen; die Röhrchen sind mit einer dünnen Schicht kohlensauren Kalkes bekleidet. Eine Schichtung ist nicht vorhanden, dagegen eine große Neigung zu vertikalen Zerklüftungen. Bänke kommen allerdings vor, aber nur beim Vorhandensein fester mergeliger Konkretionen, deren Längsachse stets senkrecht ist."

Nehmen wir an, die Chinesen paßten sich europäischer Bauweise soweit an, daß sie die aufgebogenen Ecken ihrer Dächer in die bei uns übliche Gratform zurückbögen, so würde, wenn sonst alle Voraussetzungen dieselben blieben, die Zerstörung des Daches gerade an den untersten Stellen der hohen Gratholme am ersten beginnen. Die schützende Gratverstärkung würde unter dem Einflusse ihrer eigenen Schwere bei der geringen Zugfestigkeit des Ziegelstoffes und des verwendeten Mörtels abreißen (vgl. auch Hildebrand, der von magerem Gemisch sandiger Erde mit Luftkalk spricht), und auch der etwa zunächst noch stehenbleibende obere Rest würde bald ins Rutschen kommen. Damit das nicht geschieht, verflachen die Chinesen die Neigung der Grate besonders im unteren Teil und schaffen so für diesen ein fast wagerechtes Lager, auf dem die Reibung stark genug ist, um auch dem Schub vom oberen stärker geneigten Teil zu widerstehen. Wie ein Blick auf die linke Seite der Abb. 4 Bl. 47 lehrt, wo der Grat eines kleinen Daches, von anscheinend untergeordneter Bedeutung, ohne Gratholme von einfachen Mönchziegeln gebildet wird, sehen die Chinesen von der umständlichen Aufkrempung sofort ab, wenn hohe Gratholme nicht



vorhanden sind, wenn das Abrutschen von Gratholmen also nicht zu befürchten steht. So unscheinbar gerade dieses Beispiel an sich ist, hat es doch eine sehr wesentliche Bedeutung für die Prüfung der Richtigkeit meiner Erklärung der Aufkrempung an den Traufen; ich weise daher besonders auf den flachgedeckten Grat dieses kleinen Daches hin.



Für die Regenreihen besteht die Gefahr des Abreißens des unteren Teiles nicht in demselben Maße wie für die hohen Gratholme; sie können also ebenso wie bei uns zur Traufe geführt werden; die Trauflinie muß sich nun den über ihr liegenden Traufpunkt des Grates suchen; sie schwingt sich im Bogen herauf und so entsteht die eigenartige Aufkrempung der Dachecke.

Die Eigentümlichkeit der chinesischen Dächer, die Aufbiegung der Traufe an den Ecken, erklärt sich also als eine Folge von Rücksichten, die man auf die Eigenschaften des verwendeten Baustoffes in einem Klima der geschilderten Art genommen hat.

Nicht immer ist der Grataufbau in gleicher Stärke vom First zum Traufpunkt heruntergeführt. Man beobachtet vielmehr häufig eine Schwächung des unteren Teiles und zwar etwa so weit, als das Dach frei über seine Unterstützungen hinausragt; so wird die Tragekonstruktion entlastet, gleichzeitig aber die obere Dachhaut in gewisse Beziehung zu dem unteren Kern gestellt; es ist keine Frage, daß außer rein konstruktiven hier auch Schönheitsrücksichten maßgebend gewesen sind, die ganz allgemein in China eine sehr viel größere Rolle spielen, als man gewöhnlich denkt. Auf die Dauer wird man sich auch bei uns nicht dem Reiz entziehen können, der in der Schönheit dieser Dachbildungen liegt. Ich glaube nicht, daß wir Europäer in Ziegeldachbildungen, besonders auf kleinen einstöckigen Gebäuden, jemals Schöneres geleistet haben, als das, was Bauten zeigen, wie z. B. die Pavillons in Tsinanfu (Abb. 4 Bl. 47 und Text-Abb. 26), Tsiningscho (Abb. 1 Bl. 46) oder Peking (Text-Abb. 27).

Dieser untere schwächere Teil des Gratkammes, lang und stark genug, um bei seiner fast wagerechten Lage dem steileren massigeren Teil als Widerlager dienen und ihn vor dem Abrutschen schützen zu können, pflegt meist besetzt zu sein mit kleinen Tierfiguren (Text-Abb. 25). In dem japanischen Werke „Report of college of engineering Imperial university of Tokyo, Decoration of Palace buildings of Peking" von K. Ogawa in Tokyo 1906 lesen wir darüber: „Diese Tierfiguren (vorher angeführt sind Drachen, Löwen, Giraffen, Pferde, Phönixe) sieht man oft in einer Reihe hintereinander auf den Eckgraten der Dächer, angeführt durch einen Phönix mit Menschenantlitz. Auf dem Dache der T'ai-hê-Halle (Peking, verbotene Stadt) wird die kleine Gesellschaft von einem an-



Abb. 26. Pavillon an den heiligen Quellen in Tsinanfu.

deren Wesen, halb Mensch, halb Tier, angeführt. Der Sammelname für diese Figuren ist „Kuei-lung-Tzu“; sie bilden die Verzierung der Dachgrate zusammen mit „Chêng-wen“ und „Pang-wên“-Figuren.“

Die Beschreibung dieser Dachverzierung in der japanischen Veröffentlichung läßt erkennen, daß man es hier mit einer Eigentümlichkeit der chinesischen Architektur zu tun hat. Man hat ja auch in der japanischen Architektur die First- und Gratholme, und man kennt dort auch die Schwächung des unteren Holmteiles; den Schmuck dieses schwächeren Holmteiles durch kleine Tierfiguren kennt man in Japan nicht; den hat nur China. Diesen Verzierungen werden wahrscheinlich religiöse Anschauungen zugrunde liegen. Zur Erfindung dieser Gratverzierungen mag man auf höchst einfache Weise gekommen sein: vor der Erfindung, als die Gratholme von oben bis unten in gleichmäßiger Stärke verliefen, wurde besonders der untere Teil vom Wetter angegriffen und zerstört, und es läßt sich denken, daß einzelne Stücke mit klaffenden Fugen stehen blieben. Mit einiger Phantasie hat man dann in die so entstandene Unregelmäßigkeit Ordnung hineingebracht und eine höchst zierliche und anmutige Ausdrucksweise gefunden für Gedanken, die dem religiösen Anschauungskreise des Chinesen entsprachen. Alle diese Figürchen haben das eine Gemeinsame: sie sitzen in beschaulicher Ruhe eines hinter dem andern, einem Drachenmaul den Rücken kehrend, das aus dem unteren Ende des stärkeren oberen Gratkammteiles gegen sie herauswächst. Man könnte geneigt sein, sie für ein Zeichen des Friedens zu halten; sie sind hier keinen Gefahren ausgesetzt; innerhalb dieses (Tempel)-Gebietes sind sie geschützt; sie brauchen sich nicht zu fürchten, der Drache schützt sie.

Wir sind gewohnt, uns unter einem Drachen etwas Bösartiges vorzustellen. Der chinesische Drache hat aber mit unserm Lindwurm nur die Ähnlichkeit in der äußeren Form gemein. Über den chinesischen Drachen und seine Bedeutung schreibt Missionssuperintendent Voßkamp (Tsingtau) in seinem bemerkenswerten Werk „Unter dem Banner des Drachen und im Zeichen des Kreuzes“ u. a. folgendes: „Der Chinese nennt den Drachen das gute, schaffende, erhaltende Prinzip, der Himmel und Erde beherrscht, die mächtige Ursache aller Veränderungen in der Natur. Er sieht in ihm den Erhalter all der guten Mächte und Kräfte, die ein großes Reich zusammenhalten, damit es nicht zusammenbreche. Dieser Gedanke, daß der Drache etwas Gutes bedeute, ist fast unausrottbar mit dem Sinnen und Denken des chinesischen Volkes verwachsen. Jeder chinesische Schüler lernt den Yit-Kin auswendig, „das Buch der Verwandlungen“, welches eine Art von Naturphilosophie der Chinesen ist. In diesem Buch begegnen wir auf Schritt und Tritt dem Drachen, als der mächtig treibenden Kraft in der ganzen Natur. Alle Erscheinungen am Himmel und auf Erden werden durch den Drachen erklärt, der seine Gestalt verkürzen und verlängern kann und der je nach den Jahreszeiten seine Farbe wandelt.“

Die Zahl der kleinen Tierfiguren, die vor dem Drachen auf dem unteren Gratende sitzen, ist sehr verschieden; es scheint, als ob die Zahl der Tiere der gleichartigen Grate ein und desselben Daches, ein und desselben Dachgeschosses, stets dieselbe ist, während sie je nach den Stockwerken wechselt. Die Grattierchen pflegen gleichhoch und in gleichen Abständen hintereinander wie in Parade aufmarschiert zu sein; ihre Scheitel liegen in der Verlängerung der Oberkante des stärkeren Gratteiles. Zweifellos liegt dieser Regelmäßigkeit ein ästhetisches Empfinden zugrunde; der Schönheitssinn wird hierdurch viel besser befriedigt, als wenn die Reihe der kleinen Zierfiguren nicht vorhanden wäre und der schwächere Gratteil so nackt und kahl bliebe, wie bei japanischen Dächern.

Über die Holzkonstruktion dieser Grataufkrempung verbreitet sich H. Hildebrand folgendermaßen: „Die Trauflinien sind sowohl im Grundriß wie im Aufriß an den Enden ausgeschweift. Die Schweifung im Grundriß (Text-Abb. 29) ist durch allmähliche Verlängerung der Sparren nach den Gebäudeecken zu erreicht, während das Aufwärtsschweifen der weit ausladenden Traufecken, das auf den Ausländer einen so fremdartigen, aber, nachdem man sich an den Anblick gewöhnt hat, und bei der maßvollen Ausführungsweise dieser Tempel einen künstlerisch durchaus wohltuenden Eindruck hervorruft, in einfacher und sinnreicher Weise bewirkt ist. Die beiden



Abb. 27. Peking, Hof im Tung-yo-miao.

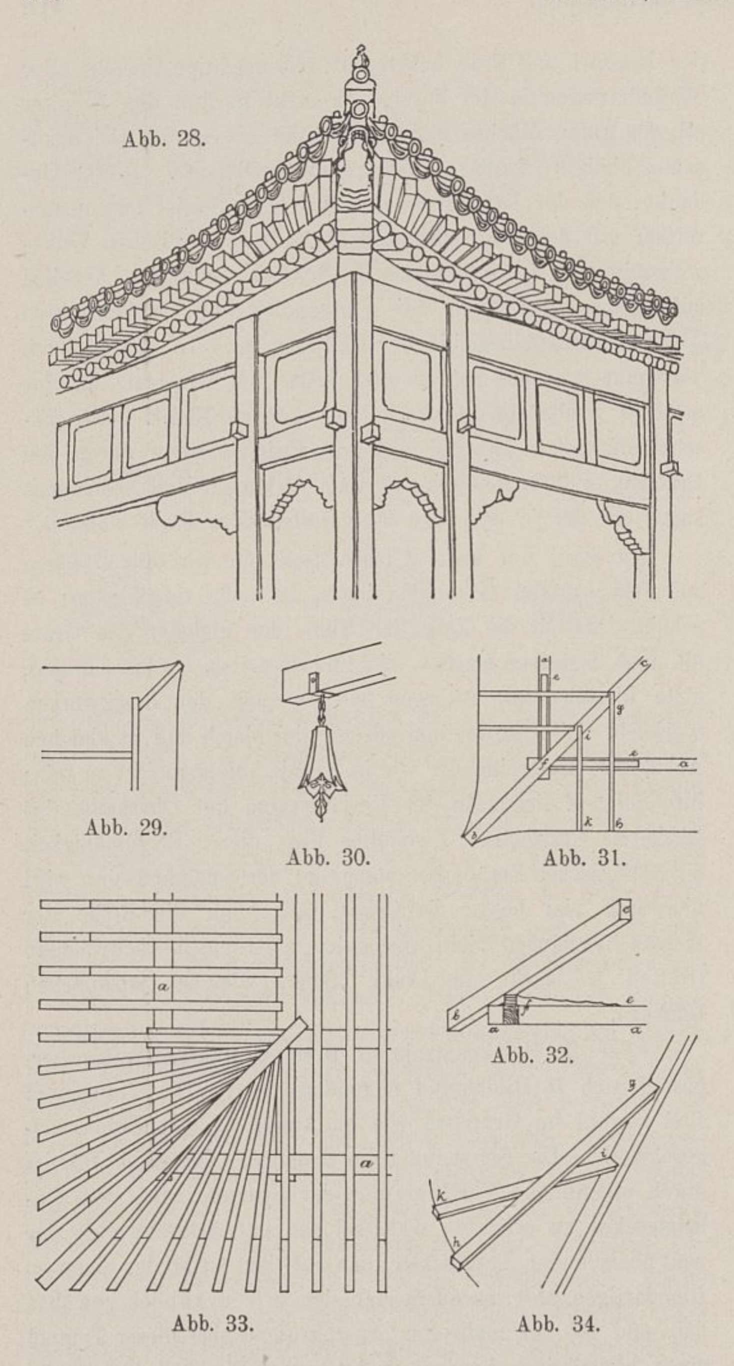


Abb. 28. Abb. 29. Abb. 30. Abb. 31. Abb. 32. Abb. 33. Abb. 34.

untersten Dachpfetten $a-a$ (Text-Abb. 31) liegen nämlich in gleicher Höhe; auf diese ist der Gratsparren $b\ c$ so aufgekämmt, daß er von b nach c das Neigungsverhältnis des Dachgrates hat. Vom Beginn der Dachschweifung bei e an ist auf die Pfetten $a-a$ ein Sattelholz $e\ f$ aufgelegt, das, wie in der Ansicht (Text-Abb. 32) angedeutet ist, von e nach f zu steigt (vgl. auch Text-Abb. 28). Ein Sparren $g\ h$ (Text-Abb. 34) hat daher eine steilere Neigung als z. B. ein Sparren $i\ k$, weil Punkt k höher als h liegt, so daß sich mittels des Aufschieblings $e\ f$ die Form der Ausschweifung der Traufe leicht und beliebig herstellen läßt."

Offenbar beruht Hildebrands Darstellung der Sparrenkonstruktion wie sie Text-Abb. 31 zeigt, auf einem Irrtum; die Sparren $i\ k$ und $g\ h$ dürfen im Grundriß nicht parallel sein, da u. U. das Sparrenende bei k in Wirklichkeit höher zu liegen käme als das Gratende selbst und außerdem die Sparren zwischen f und b wohl angeschiftet, nicht aber auch aufgelagert werden können. Demselben Werke ist die Text-Abb. 33 entnommen, welche den Grundriß einer aufgekrempten Gratecke in einwandfreier Weise darstellt: hier ist jeder Sparren an zwei Punkten befestigt; das obere Ende ist am Gratsparren angeschiftet; in der Nähe seiner Mitte ruht ein jeder Sparren auf der Dachpfette $a—a$ oder auf dem Aufschiebling. Nur so ist es möglich, für die Dachtraufe eine gleichmäßig verlaufende Kurve zu erhalten, die von der allgemeinen Traufe allmählich sich erhebt und schließlich am Gratende ihren höchsten Punkt erreicht. Dieses Gratende ist fast immer durch einen Tierkopf verziert. Dazu kommt oft noch ein anderer Zierrat: kleine Glöckchen, deren Klöpfel mit Querstrahlen (Text-Abb. 30) versehen sind, die leise gegen den Glockenrand schlagen, wenn der Wind gegen das aus der Glocke herausragende blätterförmig verbreiterte Klöpfelende fährt (vgl. auch Abb. 2 und 4 Bl. 46).

Man sieht, die Bildung der Grate ist nicht einfach; sie setzt zunächst eine gute genaue Zimmerkonstruktion voraus; aber auch die Eindeckung der geschwungenen Dachflächen, besonders in der Nähe des Gratkammes fordert eine sorgfältige Arbeit, die selbst unsern geübtesten Bauhandwerkern zunächst Mühe machen würde. Man verwendet die Grate deshalb nur da, wo sie wirklich nötig sind, d. h. über vieleckigen gleichseitigen Grundrißformen vornehmlich des Quadrats, des Sechsecks und des Achtecks (vgl. Beispiele Text-Abb. 26, Abb. 1 u. 2 Bl. 46 und Abb. 4 Bl. 47), oder über rechteckigem massiven Kern, dem dann in der Regel ein offener verandenartiger Umgang vorgelagert ist (vgl. Text-Abb. 9 bis 11 u. 35). Die Hauptbedingung für die Verwendung der Grate ist und bleibt aber der erhebliche Vorsprung des Daches auch über die äußersten Unterstützungen hinaus, eine Voraussetzung, die bisher noch nicht von uns Europäern in der rechten Weise gewürdigt worden ist, die aber wesentlich zur Schönheit des Daches und des ganzen Gebäudes beiträgt. Wird diese Forderung nicht beachtet, d. h. wird die Traufe ohne weitausladendes Hauptgesims unmittelbar unterstützt, dann verzichtet der Chinese auf jeden Fall auf die Gratbildung und wählt ein einfaches Satteldach. Die Aufkrempung der Ecken kann nur da stattfinden, wo wirklich die Möglichkeit dazu vorhanden ist, d. h. an weitausladenden Dächern. Selbstverständlich sind auch Walmdächer mit aufgebogenen Graten herstellbar, wenn sich die Traufe ohne Gesims unmittelbar über dem Kern des Hauses oder seinen äußersten Unterstützungen befindet. Das wirkt aber so plump, so häßlich, daß ein Volk mit mehrtausendjähriger Kultur für solche Barbarei nicht zu haben ist. Man denke sich nur unter die äußersten Gratenden aller der angeführten Beispiele Stützen gestellt und wird sofort erkennen,



Abb. 35. Confuciustempel in Kufu.

wie unschön ein solcher Aufbau wirken muß, wenn die Hauptbedingung für das Vorkommen dieser Grate, die weite Ausladung des Daches, unerfüllt bleibt. Ein Beispiel für diese mißverstandene Grataufkrempung findet sich auf Seite 57 des von F. W. Leuschner verfaßten Werkes „Aus dem Leben und der Arbeit eines China-Missionars.“ Ein dicker gemauerter Eckpfeiler springt um das Maß des Dachüberstandes gegen die reine Flucht des zweigeschoßigen Wohnhauses vor, um das aufgebogene Gratende zu unterstützen; eine kostspielige Stoffvergeudung, die leicht hätte vermieden werden können, wenn man die elegantere Formensprache chinesischer Architektur besser hätte studieren und auf ihre hervorstechenden Eigentümlichkeiten mehr hätte achten können, als dies technisch ungeschulten Missionaren möglich ist. Diese Grataufkrempung ist aber auch deshalb nichts weniger als chinesisch, weil zu der Aufkrempung ein Grund nicht vorliegt; der Holmaufsatz fehlt; ein Abrutschen des nicht vorhandenen Gratholmes kann also auch nicht stattfinden, die Grataufkrempung kann unterbleiben und die Traufe in derselben Ebene rechtwinklig herumgeführt werden, wie auf europäischen Bauten und wie wir es sehen auf der linken Seite der Abb. 4 Bl 47.

(Schluß folgt.)

Die Bewässerung der Konia-Ebene.

(Mit Abbildungen auf Blatt 49 und 50 im Atlas.)



Abb. 1. Konia von der Nordseite.

1. Konia, das alte Iconium. In der Mitte von Kleinasien, an dem Schnittpunkt uralter Handelsstraßen, liegt Konia, das alte Iconium (vgl. die Übersichtskarte Abb. 1 Bl. 49). Es ist jetzt eine Stadt von 60000 Einwohnern, die Hauptstadt eines Wilajets, Sitz des Wali und des Böjük Tschelibi, des Oberhauptes der Mewlana-Derwische, welcher seit Jahrhunderten das Vorrecht besitzt, den Sultan bei der Thronbesteigung mit dem Schwert zu umgürten. Die Geschichte der Stadt reicht weit zurück. Die Zehntausend und Alexander der Große hatten hier gerastet, Cicero weilte hier als Konsul von Cilicien, und Paulus und Barnabas predigten hier nach Ausweis der Apostelgeschichte 13, 51. Unter Trajan und Hadrian stand die römische Kolonie Iconium in hoher Blüte; aber eine geschichtliche Bedeutung gewann die Stadt erst durch die Seldschuken. Suleïman († 1086) machte Iconium zur Hauptstadt eines Reiches, das den größten Teil von Kleinasien umfaßte. Dies Reich erlitt heftige Erschütterungen zur Zeit der ersten Kreuzzüge. Im dritten siegte Friedrich Barbarossa unter den Mauern der Stadt nach einem harten Kampfe vom 18. bis 26. Mai 1190. Es folgte eine Zeit innerer Wirren, dann aber die höchste Blüte der Stadt unter Ala-eddin Kai Khobad I. von 1219 bis 1236. Er führte byzantinische Kultur nach Konia, baute die Stadt prächtig aus mit Moscheen, Bädern, einem Palast und Grabmälern und befestigte sie durch 108 malerisch angelegte und verzierte Türme. Handelsbeziehungen wurden mit Venedig und Genua angeknüpft. Aber schon unter seinem Sohn, der den Vater ermorden ließ, begann der Niedergang. 1307 wurde der letzte Fürst aus dem Hause der Seldschuken erwürgt. Die Osmanen traten an ihre Stelle. 1466 wurde Konia von Muhamed II. erobert, und 1832 siegte Ibrahim Pascha von Ägypten über den türkischen Großvezier. Jetzt ist der alte Glanz von Konia verschwunden. Die Mauern und Türme der Stadt, welche Moltke noch 1838 sah, sind nicht mehr. Nur schwache Spuren sind von den alten Herrlichkeiten geblieben.

In geographischer Hinsicht liegt Konia am Südrande einer ausgedehnten Salzwüste, die wahrscheinlich ein ausgetrockneter Meeresgrund ist, und die das kulturfähige Land von Konia beschränkt. Im Südwesten ist die Grenze durch hohe Gebirgszüge festgelegt, die in zwei spitzen Kegeln bis nahe an Konia herantreten. Dies Gebirge setzt sich in südöstlicher Richtung fort, macht in der Nähe von Karaman, einem Bahnhof der Bagdadbahn, eine Wendung nach Osten und nähert sich dann dem Taurus, dessen Durchbrechung gegenwärtig eine der schwierigsten und bemerkenswertesten Aufgaben für die Ingenieure der Bagdadbahn ist. Die Bahn führt jetzt über Eregli bis Ulukischla. Sie wird später in der Nähe der cilicischen Pforte die Ebene von Adana erreichen.

2. Alte Bewässerungen. Das Klima von Konia ist im Sommer warm und trocken, aber sehr kalt im Winter. Das Thermometer fällt dann mitunter bis -20^{0} C. Die Regenhöhe beträgt jährlich etwa 400 mm. Niederschläge treten nur in den Monaten November bis Juni auf. Die Monate Juli bis Oktober sind gewöhnlich regenlos. Die Schnee-



Abb. 2. Vorstadt von Konia.

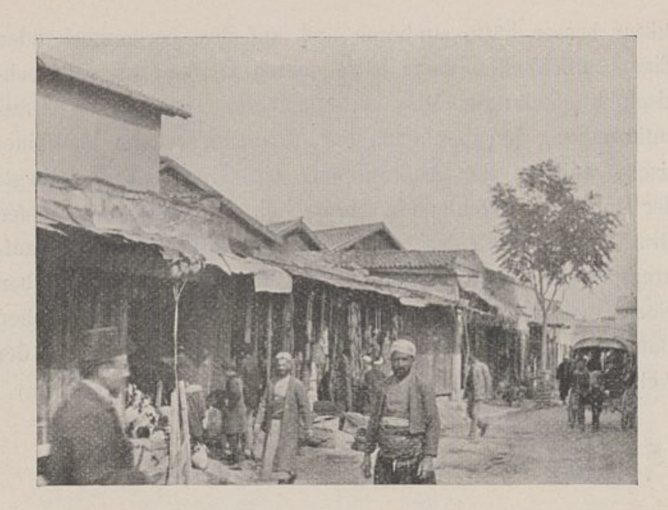


Abb. 3. Bazar in Konia.

schmelze dauert von März bis Juni. Der Boden ist ein nährstoffreicher Verwitterungsboden, der wohl imstande ist, reiche Ernten hervorzubringen, aber nur dann, wenn ihm Wasser in genügender Menge zur Verfügung steht. Ohne Wasser dörrt der Boden tief aus. Seine Oberfläche bildet dann eine harte Kruste, die in den Straßen und auf den Wegen tief zermahlen wird und deren dichte Staubwolken Wagen, Reiter und Fußgänger umhüllen.

Unter diesen Verhältnissen ist es erklärlich, daß die wenigen kleinen Flüsse hoch geschätzt sind, die vom Gebirge kommen und in den Monaten April bis Anfang August das Schmelzwasser in die Ebene führen. Dies Wasser wird durch einfache Bewässerungskanäle möglichst weit in das Land geleitet und durch einfache Stauanlagen und niedrige Umwallungen auf den Feldern so gründlich wie möglich ausgenutzt. Aber das kostbare Naß versiegt sehr bald. Alle Flüsse sind längst ausgetrocknet, bevor sie die Salzwüste erreichen Flußnetze nach deutscher Art sind daher nicht vorhanden. Der am meisten geschätzte Wasserlauf ist der Meram Su, ein Fluß, der aus einem langen schmalen Gebirgstal westlich von Konia hervortritt und der bei dem Orte Meram, etwa eine Stunde von Konia, eine prächtige Kultur hat entstehen lassen. Zahlreiche Landhäuser der vornehmen Türken mit üppigen Gärten und Parkanlagen sind hier zu finden. Aber schon in Konia hört die Arbeit des Flusses auf. In ähnlicher Weise wirken der Maja Tschai im Südosten der Stadt und der Tschartschamba Tschai, etwa 44 km östlich von Konia (vgl. den Plan Abb. 6 Bl. 49).

Die Text-Abb. 1 bis 7 sollen eine Vorstellung von Konia, seinen Straßen, Häusern und Vororten geben. Ein lebhaftes geschäftiges Treiben herrscht überall, besonders in den Bazaren und auf den Märkten. Kamele, Pferde und Esel, Reisewagen und Landfuhrwerke bewegen sich in buntem Gedränge, die Landwagen mit schwerfälligen scheibenförmigen Holzrädern, über deren Rungen zur Aufnahme des Getreides mächtige Zeltdecken gebreitet werden. In den Vororten ziehen sich zwischen schlichten Mauern aus Luftziegeln, hinter denen die im Frühjahr bewässerten Gärten liegen, die Landstraßen hin, stets bevölkert von reisenden Türken.

Die Kulturerzeugnisse des Landes sind hauptsächlich Getreide und Gemüse. Getreide, besonders Gerste, wird in günstigen, wasserreichen Jahren in großen Mengen ausgeführt. Der Anbau von Gemüse, wie Erbsen, Tomaten, Artischoken, Aubergines u. dgl. genügt in der Regel nur dem örtlichen Bedürfnis. Von den kultivierten Flächen wird meist nur die Hälfte bestellt, die andere Hälfte bleibt brach liegen. Das Getreide wird entweder als Wintergetreide im Oktober gesät und im Juli geerntet oder als Sommergetreide im März gesät und im Juli und August geerntet. Der durchschnittliche Ertrag des Landes beträgt 300 Okas vom Deunum oder bei der Gerste 360 Oka. Eine Oka = 1,284 kg, 1 Deunum, das türkische Feldmaß, = 919,3 qm. Sonach beträgt der durchschnittliche Ertrag des Landes 4190 kg vom ha.

3. Das neue Bewässerungs-Unternehmen. Um die Ebene von Konia auch in wasserarmer Zeit regelmäßig bewässern zu können, hat man den Plan gefaßt, einen großen See in dem Gebirge 80 km südwestlich von Konia als Aufspeicherungsbecken zu benutzen. Es ist der Bey-Schehir-See, ein See, der etwa 120 m höher liegt als Konia, dessen Einzugsgebiet zwar klein ist, der aber selbst eine so große Oberfläche hat, daß nur wenige Zentimeter Wasserhöhe genügen, um die für die Bewässerung erforderliche Menge zu liefern (vgl. den Lageplan Abb. 6 Bl. 49). Der See hat seinen Abfluß am Südostende beim Orte Bey-Schehir. Hier konnte mit verhältnismäßig geringen Mitteln ein Stauwerk und eine Abdämmung angelegt werden. Der Abfluß des Sees, der Bey-Schehir Tschai, mündet in einen zweiten See, den Karawiran-See. Dieser hat in südöstlicher Richtung Vorflut durch eine steil abfallende enge Schlucht, die im oberen Teil Baliklowa-, im unteren Tschartschamba-Schlucht heißt. Die Ufer des Karawiran-Sees bestehen im Süden aus klüftigen Kalkfelsen, die viel Wasser versickern lassen. Der Verbleib des Wassers ist noch nicht festgestellt. Aber die Wirkung der Klüfte, die zweifellos vorhanden ist, wurde früher hoch eingeschätzt. Man glaubte, daß es möglich sein würde, mit ihrer Hilfe den Karawiran-See vollständig trocken zu legen und auf seinem Grunde fruchtbare Landflächen zu gewinnen. Das im Bey-Schehir-See angestaute Bewässerungswasser sollte dann durch einen neuen Kanal um den Karawiran-See herum zur Weiterführung in die Baliklowaschlucht geleitet werden.

Um dies Unternehmen auszuführen, schloß die Ottomanische Regierung mit der Anatolischen Eisenbahngesellschaft einen Vertrag ab, durch welchen die Gesellschaft sich verpflichtete, 80000 Deunum im Karawiran-See und 500000 Deunum in der Konia-Ebene, zusammen also 580000 Deu-



Abb. 4. Hausbrunnen in Konia.



Abb. 5. Markt in Konia.



Abb 6. Brunnen vor den Toren von Konia.

num, d. s. 53 319 ha, zu bewässern. Die Kosten des ganzen Unternehmens waren auf 19,5 Millionen Franken oder 15,8 Millionen Mark veranschlagt. Die Summe sollte nach Fertigstellung der Arbeiten unter Anrechnung von 5 vH. Zinsen und 1,1 vH. Tilgungskosten in 35 Jahren bezahlt werden und zwar: durch eine feste jährlich zahlbare Summe von 25 000 türkischen Pfunden oder 461 500 Mark, ferner durch den Überschuß der beim Verpachten der Zölle aus den bewässerten Ländereien erzielten Mehreinnahmen und endlich durch diejenigen Einnahmen, welche der Regierung aus dem Verkauf der neu gewonnenen kulturfähigen Ländereien zufließen würden. Die Ausführung der Arbeiten hat die Anatolische Eisenbahngesellschaft einer neu gebildeten „Gesellschaft für die Bewässerung der Konia-Ebene“, welche ihren Sitz in Frankfurt a/M. hat, gegen Übernahme der eigenen Verpflichtungen übertragen. Diese Gesellschaft hat nicht allein die Ausführung, sondern auch die Unterhaltung des Werkes für die ersten fünf Jahre übernommen gegen Erstattung der entstehenden Kosten unter Zurechnung von 5 vH. Zinsen und 10 vH. allgemeinen Verwaltungskosten. Durch diese sehr zweckmäßige Maßnahme wird das Werk künftig vor Mißbrauch und Verfall so lange sichergestellt, bis die Bewohner sich an die neue Bewässerung und ihre Bedienung gewöhnt haben werden.



Abb. 7. Straße in Konia.

Nach diesen Vereinbarungen wurde i. J. 1908 mit dem Bau der Bewässerungsanlagen begonnen. Während der Ausführung entstand bei der türkischen Regierung der Wunsch, einige Änderungen des ursprünglichen Bewässerungsplanes vorzunehmen: es sollte ein Gebiet in der Nähe von Konia, nämlich bei Kara-Arslam im Osten der Stadt von etwa 5500 ha Größe, das bisher nur teilweise im Frühjahr Gebirgswasser erhielt, im Sommer aber trocken blieb, dauernd während des Pflanzenwuchses mit 2 cbm in der Sekunde bewässert werden. Ferner sollte eine am Tschartschamba-Fluß liegende Fläche von etwa 4200 ha Größe bei Simmi 1,5 cbm Bewässerungswasser erhalten. Endlich sollten an den Ausläufern des Tschartschamba-Flusses nördlich der Bagdadbahn bei dem Dorfe Ovakeui Flächen von etwa 9000 ha Größe, die bisher nur im Frühjahr Bewässerungswasser erhielten, in trockener Zeit etwa 3,5 cbm bekommen. Diese Wünsche konnten berücksichtigt werden, weil sich inzwischen durch Beobachtungen an Pegeln, Verdunstungs- und Regenmessern ergeben hatte, daß die Entwässerungsklüfte des Karawiran-Sees nicht so leistungsfähig waren, um die Gewinnung von 80 000 Deunum bewässerbaren Landes in sichere Aussicht zu stellen. Deshalb wurden durch ein nachträgliches Abkommen mit der türkischen Regierung die Ziele der Bewässerung so geändert, daß der Umfang des Landgewinnes am Karawiran-See auf 20 000 Deunum, d. s. 1840 ha beschränkt, ferner die felsigen Gebiete der übrigen zu bewässernden Flächen nach den inzwischen ausgeführten örtlichen Untersuchungen ausgeschlossen, im übrigen die oben dargelegten Wünsche berücksichtigt wurden. Die Gesamtgebiete aller zu bewässernden Flächen sollten nach wie vor 580 000 Deunum oder 53 319 ha betragen.

4. Das Wasserbedürfnis und die Beschaffung des Wassers im Bey-Schehir-See. Das Wasserbedürfnis war ursprünglich auf 1 Liter Wasserzuführung auf ha und Sek. bei vierfachem Wechselbetriebe (Rotation), sonach auf 0,25 Liter dauernder Zuführung auf ha und Sek. bemessen worden. Es wurde später, da genügend Wasser zur Verfügung stand, im Interesse einer gründlichen Bewässerung erhöht, nämlich auf 0,3 bis 0,33 Liter dauernder Zuführung auf ha und Sek. Ferner wurde statt des vierfachen Wechselbetriebes ein sechsfacher Betrieb eingeführt. Dies hatte seinen Grund in der Beschaffenheit des Bodens.

Man versteht unter Bewässerung im Wechselbetrieb ein Verfahren, bei dem das ganze zu bewässernde Gebiet in mehrere möglichst gleiche Teile zerlegt und jeder einzelne Teil der Reihe nach mit dem ganzen zur Verfügung stehenden Wasser gespeist wird. Die nicht bewässerten Teile werden inzwischen gründlich trocken gelegt. Die Vorteile eines solchen Verfahrens liegen darin, daß die Bewässerung wirksamer wird, daß nicht so viel Wasser durch Verdunstung verloren geht wie bei dauernd gleichmäßiger Verteilung in dünner Schicht, besonders aber darin, daß eine kräftige Entwässerung der gründlichen Bewässerung folgt, daß sonach Wasser und Luft in regelmäßiger Folge abwechselnd in den Boden eindringen. Die Wasserfäden, welche die Bewässerung im Boden erzeugt, werden zu Luftfäden bei der Entwässerung. Hierdurch gerade wird die Sauerstoffaufnahme der im Boden vorhandenen Pflanzennährstoffe in vorteilhaftester Weise beschleunigt, das Wachstum der Pflanzen begünstigt und der reiche Ertrag bewässerter Ländereien begründet.

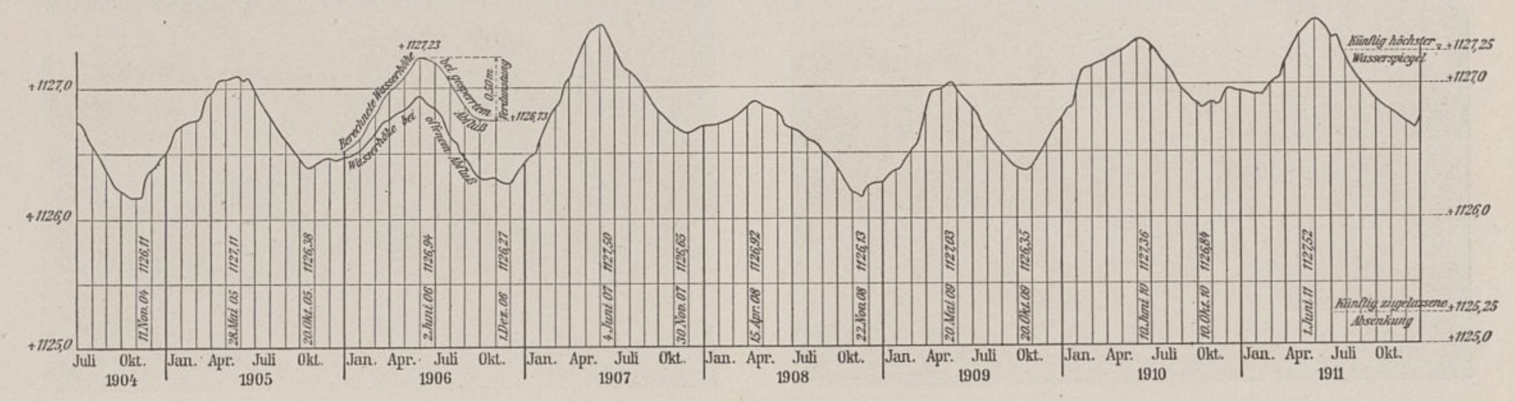


Abb. 8. Wasserstände des Bey-Schehir-Sees.

Die Zahl der Teile, in die das Gebiet für den Wechselbetrieb zu zerlegen ist, hängt von der Schnelligkeit ab, mit der das Wasser in den Boden eindringen und ihn von oben nach unten durchstreichen kann. Dichte Bodenarten von feinem Gefüge gebrauchen hierzu mehr Zeit als durchlässige Böden. Besonders die Ausbildung der Luftfäden nach jeder Bewässerung erfordert viel mehr Zeit in schweren Böden als in leichten. Daraus folgt, daß bei gleicher Dauer der Bewässerung die für die Entwässerung bestimmte Zeit in schweren Böden länger sein muß als in leichten; oder mit anderen Worten: Die Zahl der Wechselbetriebe muß bei schweren Böden größer sein als bei leichten. Nun ist der Boden der Konia-Ebene im allgemeinen sehr schwer. Er kann das aufgenommene Wasser nur sehr langsam abgeben, und es war geboten, ihm hierfür längere Zeit zu gestatten, als bei vierfachem Wechselbetriebe nur verblieb; es mußte deshalb der vierfache Betrieb in einen sechsfachen umgewandelt werden.[1])

Unter Berücksichtigung der Verluste durch Versickerung und Verdunstung auf dem langen Wege durch den Tschartschamba, Verluste, die nur geschätzt werden konnten, weil genaue Messungen hierüber nicht vorlagen, wurde das Wasserbedürfnis im Verbindungskanal auf 22 cbm/Sek. oder am Ausgange des Bey-Schehir-Sees auf 23 cbm/Sek. ermittelt. Diese Wassermenge muß der Bey-Schehir-See in wasserarmer Zeit liefern. In wasserreicher Zeit, d. i. zu Anfang jeden Jahres, werden die Hochwassermengen des Tschartschamba-Flusses allein für die Bewässerung der Konia-Ebene genügen. Aber in den vier trockenen Monaten Juli bis Oktober wird man ausschließlich auf den Wasservorrat des Bey-Schehir-Sees angewiesen sein.

23 cbm auf die Sekunde entsprechen in vier Monaten oder 123 Tagen einem Verlust von 244,4 Mill. cbm. Das Einzugsgebiet des Sees ist ungefähr 3282 qkm groß. Der See hat eine Oberfläche von 68000 ha. Die Inseln, welche sich in ihm befinden, haben zusammen ungefähr 3000 ha Größe, so daß für die Wasserfläche immer noch 65000 ha verbleiben. Der Boden des Sees fällt nach den Rändern verhältnismäßig steil ab. In der Mitte ist er flacher und erreicht 7 bis 9 m Tiefe. Wie die Wasserstände wechseln, zeigen die Pegelaufzeichnungen Text-Abb. 8. Mit Zustimmung der türkischen Regierung soll künftig der höchste Wasserspiegel 1127,25 m erreichen dürfen und die Absenkung bis 1125,25, ausnahmsweise bis 1125 m geführt werden können. Zur Gewinnung von 244,4 Mill. cbm Wasser ist bei 65000 ha eine Absenkung des Sees von nur 376 mm erforderlich. Die Verdunstung beträgt nach den bisher angestellten Beobachtungen in den vier trockenen Monaten etwa 500 mm. Es würde daher eine Wasseraufspeicherung im See erforderlich sein von 876 mm Höhe, um das für die Bewässerung nötige Wasser in den vier trockenen Monaten zu liefern. Aus den Pegelaufzeichnungen ist ersichtlich, daß es immer möglich sein wird, bis zum Juli jeden Jahres die Wasserspiegelhöhe 1127,0 m zu erreichen. Die Absenkung von 876 mm würde den Wasserspiegel bis 1126,12 m senken. Diese Wasserspiegelhöhen liegen nicht nur innerhalb der von der türkischen Regierung vorgeschriebenen Grenzen, sondern auch innerhalb der bisher vorgekommenen Wasserhöhen des Sees, denn das größte Hochwasser hatte bisher 1127,5 m und das tiefste Wasser 1126,11 m erreicht.

Das Wehr am südöstlichen Ende des Sees beim Orte Bey-Schehir besteht nach Abb. 2 und 3 Bl. 49 aus 15 Schützöffnungen von 1,5 m Breite und 1,5 m Höhe. Eiserne Schütztafeln, die durch Schraubenspindeln gedreht werden, schließen die Öffnungen ziemlich wasserdicht ab. Die Schützenöffnungen selbst sind überwölbt. Die Aufmauerung der Gewölbe reicht bis 1,5 m über den höchsten Wasserstand. Gleich hoch geschüttete Dämme schließen auf beiden Seiten an das Wehr an und verbinden es mit den hohen Ufern des Sees. Die Öffnungen sind zahlreich und breit genug, auch tief genug geführt, um nicht allein die für die Bewässerung nötige

1) Der Rückgang der Baumwollernten in Ägypten ist neben anderen Ursachen auch auf den dort geübten dreifachen Wechselbetrieb zurückzuführen.

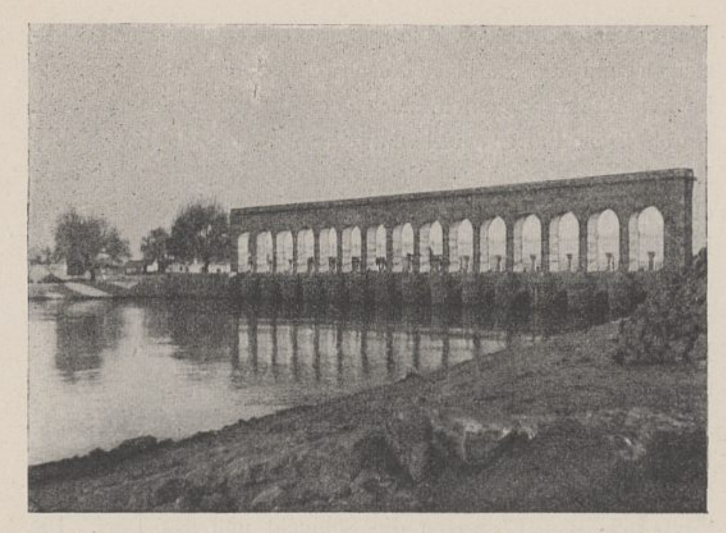


Abb. 9. Wehr am Bey-Schehir-See vom Oberwasser.

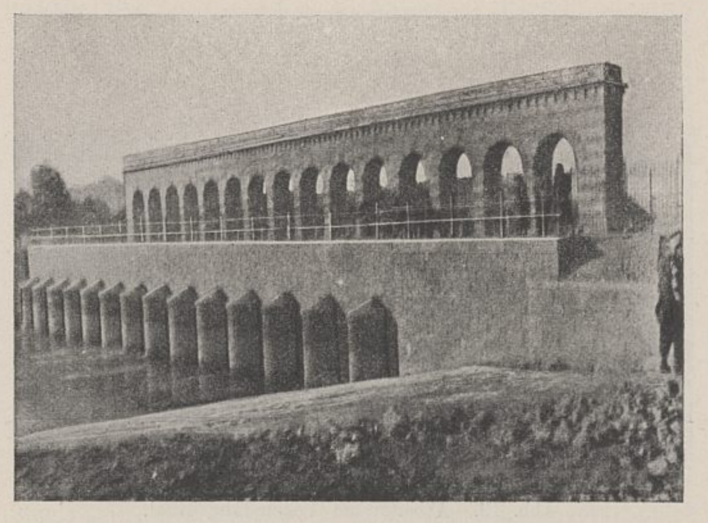


Abb. 10. Bey-Schehir-Wehr vom Unterwasser.

Wassermenge abzuführen, sondern auch um zu hohe Anschwellungen des Sees zu verhüten. Diese Anschwellungen werden bei der großen Ausdehnung des Sees sich nur sehr langsam einstellen, besondere Einrichtungen zum selbsttätigen Abfließen des Wassers bei höheren Wasserständen durch Überfälle oder dgl. konnten daher entbehrt werden.

Eine Landstraße mit 4,5 m breiter Fahrbahn und zwei Fußwegen von je 1 m Breite führt neben dem Wehr über den Bey-Schehir-Fluß. An der einen Seite dieser Straße wurde über den Spindeln der Schützen eine Bogenreihe aus Hausteinen errichtet. Sie soll den Anfang des Bewässerungsgebietes architektonisch dem türkischen Geschmack entsprechend kennzeichnen. Die beiden Text-Abb. 9 u. 10 zeigen das Wehr vom Ober- und Unterwasser.

5. Der Karawiran-See und der Verbindungskanal. Der zweite See im Zuge des Bewässerungswassers nach der Konia-Ebene, der Karawiran-See, hat wegen der Kalksteinklüfte an seinem Südrande viel Schwierigkeiten verursacht. Der See ist 68 km vom Bey-Schehir-See entfernt. Er hat im Norden, Westen und Osten flach auslaufende Ufer, an der Ostseite sandigen Untergrund. Die Wirkung der Kalksteinklüfte zeigt sich in dem Wechsel des Wasserspiegels. Bei der Höhe 1099,67 m beträgt die Oberfläche des Sees etwa 20000 ha, bei dem niedrigsten bisher vorgekommenen Wasserstande 1096 m nur noch 13500 ha. Bei diesem Stande hat der See nur 4 m Tiefe. Am Ostende befindet sich der Abfluß nach dem Baliklowatal. Dieser Abfluß ist aber gewöhnlich durch einen Damm geschlossen, so daß der Wasserspiegel des Sees hoch anschwellen kann. Der Damm ist durch die Sandmassen entstanden, welche bei westlichen Winden vom Seegrunde gegen das Ufer getrieben werden. Wenn das Wasser zu hoch stieg, so daß es den Bauern in den benachbarten Dörfern lästig wurde, so pflegten sie den Damm zu durchstechen: es floß dann das Wasser nach dem Baliklowatal ab. Aber die Sandanhägerung bildete sich immer wieder von neuem und versperrte nach wie vor die Vorflut.

Die in den letzten Jahren ausgeführten Untersuchungen über die Wirkung der Klüfte ergaben, daß bei mittlerem Wasserstande nur 10 cbm i. d. Sek. abgeführt wurden. Diese Wassermenge ist zu gering, um hierauf eine erfolgreiche Entwässerung zu gründen. Von der Gesellschaft für die Bewässerung der Konia-Ebene wurde deshalb in Ergänzung des ursprünglich aufgestellten Entwurfs nachträglich angeordnet, daß die Entwässerung des Sees durch eine jederzeit verfügbare Vorflut nach der Baliklowa-Schlucht unterstützt werde. Es wurde eine Schleuse am Ende des Sees beim Dorfe Serai erbaut und ein ausreichend tiefer Vorflutkanal oberhalb und unterhalb dieser Schleuse zur Entwässerung des Sees angelegt. In das Unterwasser dieser Schleuse mündet der Verbindungskanal. Durch diese Maßnahme wird es möglich werden, den Wasserspiegel des Sees sicher zu senken und ihn dauernd in genügender Tiefe zu erhalten, so daß eine Fläche von 1840 ha bewässerbaren Landes gewonnen werden kann.

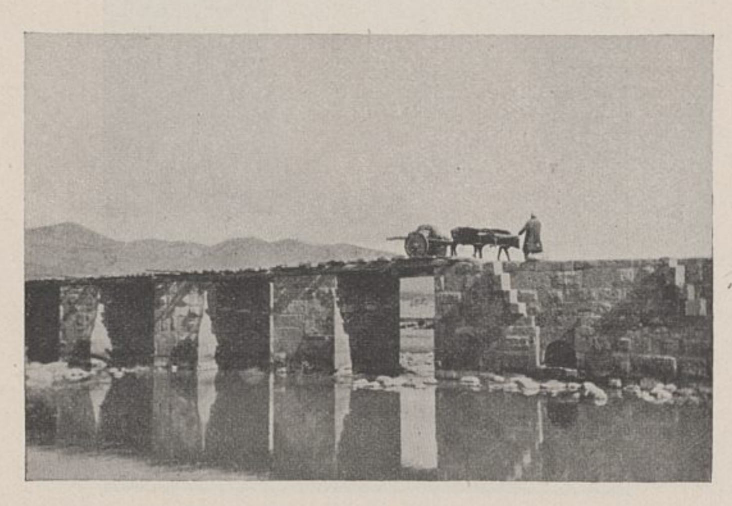


Abb. 11. Alte Brücke über den Bey-Schehir-Fluß bei Kilissedjik.



Abb. 12. Haus in Karawiran.



Abb. 13. Arbeiter am Verbindungskanal.

Der Umstand, daß der tiefste Teil des Sees nicht trocken gelegt wird, sondern dauernd als Wasserbecken erhalten bleibt, wird später von großem Nutzen sein. Es wird das Hochwasser des Bey-Schehir-Flusses aufgenommen werden können, so daß es nach und nach dem Abführungsvermögen des Tschartschamba-Flusses entsprechend abgeführt werden kann; es wird auch das Wasserbecken zur Erhaltung einer gleichmäßigen Feuchtigkeit der Luft in seinem Kessel beitragen, daher eine wohltätige Wirkung auf den Pflanzenwuchs der neu gewonnenen Landflächen ausüben. Eine Vorstellung von der Umgebung des Sees geben die Text-Abb. 11 u. 12. Abb. 11 stellt eine alte Brücke über den Bey-Schehir-Fluß beim Dorfe Kilissedjik dar, Abb. 12 ein Haus im Orte Karawiran.

Der Verbindungskanal wurde angelegt, um das im Bey-Schehir-See angesammelte Bewässerungswasser bei der Zuleitung nach der Konia-Ebene nicht unter die Wirkung der Klüfte des Karawiran-Sees zu bringen und um die Zuleitung dieses Wassers unabhängig von der Hochwasserführung des Bey-Schehir-Flusses zu machen. An der Abzweigungsstelle des Kanals aus dem Fluß wurde eine Schleuse erbaut und in geringer Entfernung hiervon eine zweite Schleuse im Verbindungskanal selbst. Die Schleuse im Bey-Schehir-Fluß hat den Zweck, den Wasserspiegel so hoch zu heben, wie es für den Eintritt in den Verbindungskanal geboten ist. Die Schleuse im Verbindungskanal soll dazu dienen, die Zuleitung des Wassers in den Kanal zu regeln, ihn insbesondere vor Hochwasser des Bey-Schehir-Flusses zu schützen, welches er nicht zu fassen vermag. Die Ableitung der Hochwassermengen geschieht nach dem Karawiran-See teils durch ein breites Wehr mit Stoneyschleusen im Bey-Schehir-Fluß, das neben dem Schützenwehr errichtet wurde, teils durch einen am Anfang des Verbindungskanals angelegten Überfall von 100 m Länge.

Der Kanal zieht sich längs des Höhenrandes hin. Er hat in seinem Hauptteil 0,125 vT. Gefälle und 1,85 m Wassertiefe. Seine Ausführung erfolgte teils mit Hilfe von Trockenbaggern teils vermittels Schubkarren. Text-Abb. 13 zeigt Arbeiter am Verbindungskanal. Das von den Höhen kommende Tagewasser wurde nur an wenigen Stellen unterdückert, meist frei in den Kanal geleitet. Um aber den Kanal durch die Zuführung großer Wassermassen nicht zu überlasten, wurden die den Einmündungen gegenüber liegenden Kanalböschungen als Überfälle ausgebaut, so daß alle Wassermassen, die das Abführungsvermögen des Kanals übersteigen und die zu einer Anschwellung des Wasserspiegels im Kanal führen könnten, nach dem Karawiran-See abfließen. Durch flache Furten wurde dafür gesorgt, daß die zahlreichen Büffelherden, welche in der Niederung weiden und denen der Zutritt zu dem frischen Wasser nicht verwehrt werden konnte, bequeme Tränkstellen erhielten. Für die Bewässerung des zwischen dem Verbindungskanal und dem Karawiran-See gewonnenen neuen Landes von 1840 ha Größe sind sechs Einlaßschleusen vorgesehen. Durch diese soll das Gebiet in sechsfachem Wechselbetriebe künftig bewässert werden.

6. Die Baliklowa-Schlucht und der Tschartschamba-Fluß. Wenige Kilometer unterhalb des Karawiran-Sees beginnt die nach dem Dorfe Baliklowa genannte Schlucht. Text-Abb. 14 u. 17 zeigen die Schlucht und das Dorf. Die Schlucht ist schmal, nur 50 bis 60 m breit, wird aber durch 100 bis 200 m hohe steile Felsen umschlossen. Vor Ausführung der Bewässerungsarbeiten war diese Schlucht im allgemeinen trocken, denn sie wurde nur selten für die Ableitung des Karawiransee-Wassers in Anspruch genommen. Sie wurde daher landwirtschaftlich für Getreide- und Gemüsebau ausgenutzt. Sobald aber das Wasser des Sees durch die Schlucht hindurchfloß, vernichtete es die Erträge. Für das Bewässerungsunternehmen mußte die Schlucht zur Aufnahme des Kanals eingerichtet werden. Der Gemüse- und Getreidebau wurde daher auf die breiten Teile des Tales beschränkt. Hier kann er dafür mit voller Sicherheit ausgeübt werden. Die Schlucht hat vom Karawiran-See bis zur Mündung des Tschartschamba auf 22,22 km Länge 18,9 m Gefälle. Dies Gefälle ist durch mehrere massive Abstürze unterbrochen, so daß das abfließende Wasser nur 0,5 vT. Gefälle erhält. Die Wasserstürze wurden als feste Wehre mit senkrechten Rücken und Wasserkissen ausgebildet. Der Höhenplan Abb. 5 Bl. 49 erläutert die Gefällverhältnisse vom Bey-Schehir-See bis zur Konia-Ebene.

Die Fortsetzung der Baliklowa-Schlucht bildet die Tschartschamba-Schlucht. Sie beginnt am Einfluß des von Süden

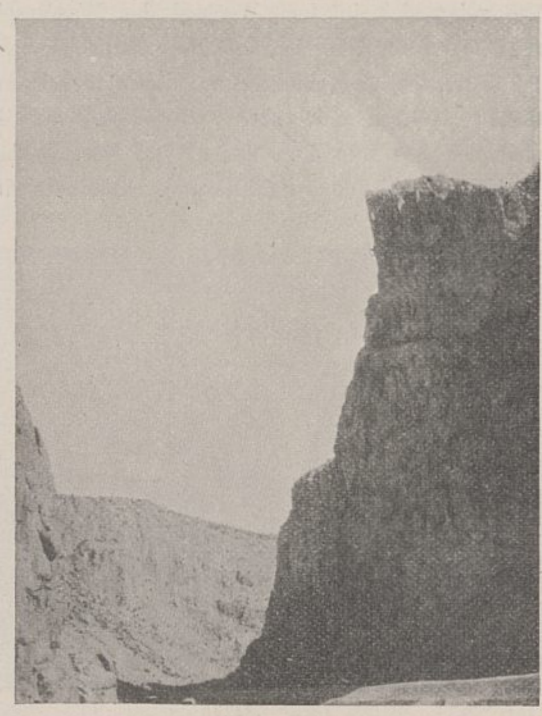


Abb. 14. Baliklowa-Schlucht.

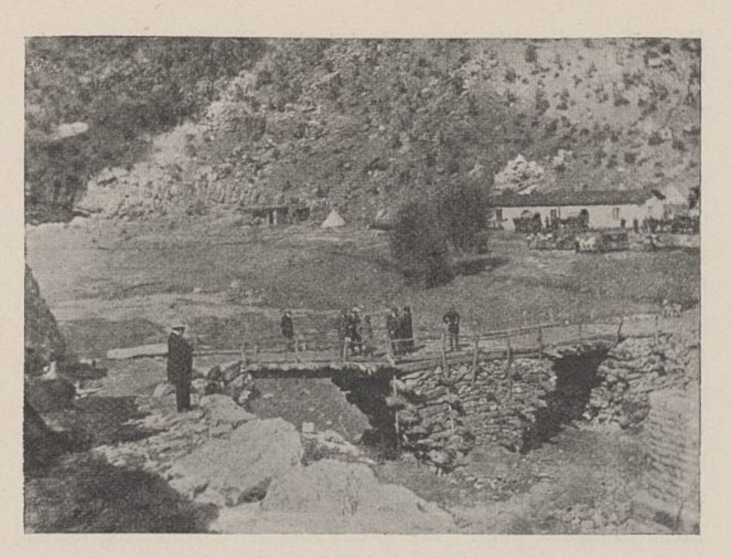


Abb. 15. Alte Brücke über den Tschartschambafluß bei Bawuk.

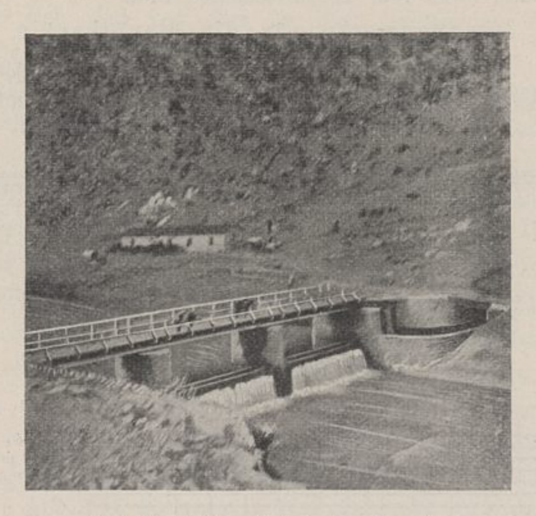


Abb. 16. Neue Brücke bei Bawuk.

kommenden Tschartschamba-Flusses. Das Tal ist ebenso eng, die Gebirge sind ebenso hoch wie in der Baliklowa-Schlucht. Nach einem Lauf von 36,58 km erweitert sich das Tal, die Gebirge treten zurück, stellenweise so weit, daß ausgedehnte bewässerbare Niederungen entstehen. Endlich gewinnt der Tschartschamba-Fluß die weite Konia-Ebene. Die Entfernung vom Beginn der Tschartschamba-Schlucht bis zur Bagdadbahn beträgt 102,96 km. Hiervon entfallen 36,58 km auf die Tschartschamba-Schlucht selbst und 66,28 auf die Talerweiterung unterhalb der Schlucht. Das Gesamtgefälle



Abb. 17. Baliklowa.

beträgt 72,8 m, von denen wiederum auf die Schlucht 46,7 und auf die Talerweiterung 26,1 m entfallen.

Die zahlreichen aus den schmalen Seitenschluchten zuströmenden Bäche führen zur Hochwasserzeit mächtige Geschiebemassen, die sich als breite Schuttkegel in der Schlucht absetzen und den Lauf des Flusses oft ganz sperren. Um die nachteiligen Wirkungen dieser Geschiebemassen für die Zuleitung des Bewässerungswassers aufzuheben, war es nötig, kostspielige Trockenmauern in den Gebirgstälern und an ihren Mündungen auszuführen. Die Regulierung des Flusses selbst geschah unter Anlage mehrerer Wasserstürze mit Gefällen von 0,5 bis 2 vT. in der Tschartschamba-Schlucht und 0,15 bis 0,5 vT. in der unteren Talerweiterung. Die Neigungen der Gefälle waren abhängig von der Größe der Geschiebe. Man richtete sein Augenmerk bei der Regulierung vornehmlich darauf, einen guten Abfluß des Bewässerungswassers, sodann aber auch eine möglichst unschädliche Abführung des Hochwassers zu erreichen. Zu dem Ende wurden die Barren im Flußtal durchbrochen und die gewonnenen Boden- und Gesteinsmassen so verteilt, daß an einer Seite des Flußtals ein hochwasserfreier Weg entstand. Auf diese Weise wurde neben der Wasserregulierung ein bequemer und sicherer Verkehrsweg in der Schlucht gewonnen. Ein solcher Weg war früher nicht vorhanden. Das Bewässerungsunternehmen hat somit den Bewohnern einen wichtigen Nebenvorteil gebracht.

Die Brücken über den Tschartschamba mußten fast ausnahmslos neu erbaut werden. Die alten Brücken hatten steinerne oder hölzerne Pfeiler. Die hölzernen Balken wurden wagerecht übereinander geschichtet und zwar mit zunehmender Ausladung, so daß mit der Höhe die Pfeiler breiter, die Öffnungen enger wurden, bis schließlich die Länge eines Balkens zur Überdeckung genügte. Text-Abb. 15 zeigt als Beispiel die alte Brücke bei Bawuk, Text-Abb. 16 die neue Brücke mit steinernen Pfeilern und eisernem Überbau.

Der Tschartschamba-Fluß kreuzt die Bagdadbahn unter einer ausreichend weiten massiven Brücke. Unterhalb der Bahn teilt sich der Fluß in drei Läufe, die jeder einzeln durch eine Schleuse abgeschlossen werden können. Diese Schleusen sind alte Bauwerke der heimischen Bevölkerung. Sie sind massiv und solide aufgeführt und in solchen Abmessungen gehalten, daß die Weiten der Öffnungen den von ihnen beherrschten Bewässerungsgebieten entsprechen. Die Werke bleiben auch in Zukunft ihrer Bestimmung erhalten. Sie werden aber künftig von den Bewohnern nicht allein wie bisher zur Zeit der Frühjahrsschmelze benutzt werden können, sondern auch in trockenen Zeiten, wenn Bewässerungswasser bisher im Tschartschamba fehlte.

7. Die Verteilung des Wassers und die Hauptkanäle. Nach dem Abkommen mit der türkischen Regierung sind den Flächen bei Kara-Arslam in der Nähe von Konia regelmäßig 2 cbm/Sek., den Flächen bei Simmi 1,5 cbm und den bei Ovakeui 3,5 cbm/Sek. zuzuführen. Im übrigen sind die trocken gelegten Ländereien am Karawiran-See im Umfange von 1840 ha und die in der Konia-Ebene mit 32370 ha planmäßig zu bewässern. Nach diesem Erfordernis wurde unter Berücksichtigung der Verluste durch Verdunstung und Versickerung die Wasserführung der Kanäle

Wasserzuführung im ersten Wechselbetrieb.

Bezeichnung der Strecke	Größe des Bewässerungsgebiets ha	Bewässerungswasser cbm/Sek.	Verlustwasser cbm/Sek.	Zusammen cbm/Sek.	Wasserführung im Fluß cbm/Sek.
Am Auslaß des Bey-Schehir-Sees					23,0
Verluste im Bey-Schehir-Fluß			1,0	1,0	
Am Anfang des Verbindungskanals bei Kilissedjik					22,0
Bewässerungsgebiet am Karawiran-See	1840	0,7		1,4 (Bewässerungsgebiet am Karawiran-See und Verluste im Verbindungskanal)	
Verluste im Verbindungskanal und Tschartschamba			0,7		
Am Anfang von Simmi . .					20,6
Bewässerungsgebiet b. Simmi	4235	1,5		1,6 (Bewässerungsgebiet b. Simmi und Verluste)	
Verluste im Tschartschamba			0,1		
Am Wehr bei Jaila . . .					19,0
Bewässerung der Abt. I .	19125	6,4		9,1 (Bewässerung der Abt. I bis Verluste zwischen Jaila und Postaldjik)	
Verluste im Hauptkanal nach Konia			0,5		
Bewässerung bei Kara-Arslam	5520	2,0			
Verluste im Tschartschamba zwischen Jaila und Postaldjik			0,2		
Am Wehr bei Postaldjik .					9,9
Bewässerung der Abt. II	9670	3,6		4,8 (Bewässerung der Abt. II und III)	
" " " III	3575	1,2			
Unterhalb des Wehres bei Postaldjik					5,1
Verluste im Tschartschamba			0,2	5,1 (Verluste im Tschartschamba bis Zur Verfügung)	
Bewässerungsgebiet bei Ovakeui	9354	3,5			
Zur Verfügung			1,4		0
Zusammen	53319	18,9	4,1	23,0	

berechnet. Die vorstehende Übersicht zeigt die Leistung der Kanäle im ersten Wechselbetrieb.

Es erhellt hieraus, daß das am Karawiran-See gewonnene Bewässerungsgebiet von 1840 ha 0,7 cbm Wasser i. d. Sek. erhalten wird, so daß einschließlich der Verluste in den Zuleitern 0,38 l auf ha und Sek. verteilt werden. An der Abzweigung bei Simmi würde die im Tschartschamba zugeführte Bewässerungsmenge noch 20,6 cbm/Sek. betragen. Die Entnahme von 1,5 cbm für Simmi, für eine Fläche von 4235 ha, würde einer dauernden Zuleitung von 0,35 cbm/ha u. Sek. entsprechen. An der Abzweigung des ersten Hauptkanals für die Bewässerung der Konia-Ebene werden noch 19 cbm sekundlich zur Verfügung stehen. Das ganze Bewässerungsgebiet der Konia-Ebene ist in drei Abteilungen zerlegt. Das erste und größte Bewässerungsgebiet von 19125 ha gebraucht im ersten Wechselbetrieb 6,4 cbm sekundlich. Das Gebiet von Kara-Arslam erfordert einschließlich der Verluste in dem langen Zuleiter 2,5 cbm. Der Hauptkanal der Abteilung I, welcher auch das Wasser nach Kara-Arslam führt, muß daher 8,9 cbm sekundlich befördern können. Unterhalb der Bagdadbahn bei Postaldjik sind die Abzweigungen für die Bewässerungsgebiete II und III der Konia-Ebene. Hier stehen unter Beachtung der Tschartschamba-Verluste 9,9 cbm zur Verfügung. Aber nach Ableitung des für II und III nötigen Wassers verbleiben nur noch 5,1 cbm. Diese Wassermengen dienen dazu, um 3,5 cbm sekundlich nach den Dörfern bei Ovakeui abzugeben und etwa 0,2 cbm Verluste im Tschartschamba-Laufe auszugleichen.

Es bleiben dann immer noch 1,4 cbm Wasser zur Deckung unvorhergesehener Verluste oder anderer Bewässerungswünsche zur Verfügung.

Die Verteilung des Wassers in der Koniaebene erfolgt durch Kanäle erster, zweiter und dritter Ordnung. Die Lage der Kanäle erster Ordnung oder der Hauptkanäle war gegeben teils durch die Örtlichkeit der Bewässerungsgebiete, teils durch die Beschaffenheit des Flusses und die Möglichkeit seiner Anstauung zur Hebung des Wassers, teils durch das Erfordernis, den Hauptkanal längs des künftigen Bewässerungsgebiets so hoch zu führen, daß sein Wasserspiegel das Gebiet vollkommen beherrscht. Die erste Abteilung liegt ausschließlich westlich der Bagdadbahn. Sie besteht aus zwei Teilen, von denen der größere nördlich, der kleinere südlich vom Tschartschamba liegt. Die zweite und dritte Abteilung liegen an der entgegengesetzten Seite der Bagdadbahn und zwar rechts und links vom Tschartschamba-Fluß.

8. Die Bauwerke für die Hauptkanäle. Etwa 3,5 km oberhalb des ersten Bewässerungsgebiets wurde in dem Tschartschamba-Fluß bei Jaila ein Stauwerk erbaut. Es

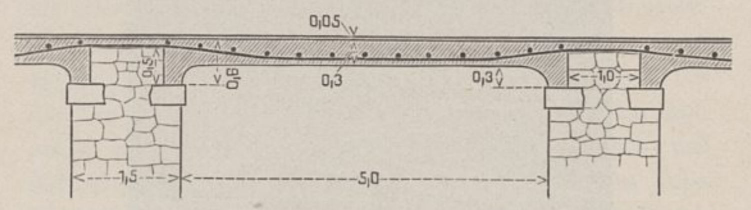


Abb. 18. Längenschnitt durch den Brückenkanal.



Abb. 19. Eiseneinlage am Brückenkanal.



Abb. 20. Lageplan des Tschartschamba-Flusses bei Jaila.

hat die Aufgabe, das Bewässerungswasser genügend hoch zu heben. Neben diesem Stauwerk liegt die Mündung des Hauptkanals (vgl. Abb. 4 Bl. 50). Das Wehr besteht aus einem Schützenwehr von sechs 1,5 m breiten Öffnungen, die durch 1,2 m breite steinerne Pfeiler getrennt sind. Zwei dieser Öffnungen sind dem Flußlauf entsprechend tiefer angelegt als die übrigen. Zur Hochwasserabführung dienen vier weitere Öffnungen von je 5 m Weite, die durch Stoneyschützen geschlossen sind, und ein Überfall. Abb. 1 Bl. 50 zeigt den Querschnitt und Abb. 2 Bl. 50 einen Längenschnitt des Jailawehres. Text-Abb. 21 gibt die Ansicht des Wehres. Die Mündung des Hauptkanals für die Abteilung I ist durch eine Einlaßschleuse geschlossen, die nach dem Lageplan Abb. 4 Bl. 50 und dem Querschnitt Abb. 4 Bl. 49 aus sieben Schützöffnungen von je 1,2 m Weite besteht. Ihre Sohle

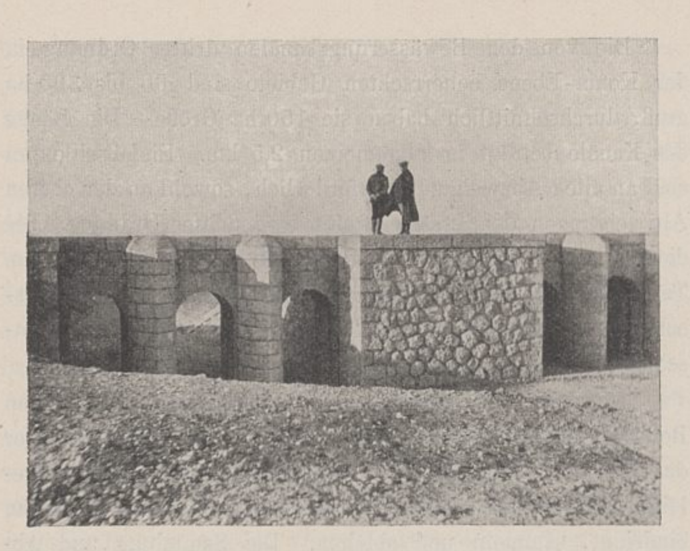


Abb. 21. Wehr bei Jaila.

liegt so tief, daß von dem im Fluß angestauten Wasser stets die nötige Menge in den Hauptkanal fließen kann. Die Schützöffnungen sind überwölbt, eine Straße führt über die Einlaßschleuse. Die Öffnungen werden wie die Schützen im Tschartschamba-Wehr durch eiserne Schütztafeln geschlossen, welche durch Schraubenspindeln gehoben und gesenkt werden können.

Aus dem Lageplan Text-Abb. 20 ist ersichtlich, daß die Einlaßschleusse an der rechten Seite des Flusses liegt. Hier liegt auch das durch den ersten Seitenkanal zu bewässernde Gebiet der Abteilung I. Der größere Teil des Gebiets von I liegt an der linken Seite des Flusses. Das Bewässerungswasser muß daher in hoher Lage den Tschartschambafluß kreuzen. Dies geschieht durch einen Brückenkanal, dessen Bauart in Abb. 3 Bl. 50 sowie in Text-Abb. 18 u. 19 dargestellt ist. Der Kanal hat bei 2 m Wassertiefe 6 m Sohlenbreite. Die Sohle besteht aus Eisenbeton von 0,3 m Dicke. Zur Dichtung wurde eine 5 cm starke Asphaltschicht aufgebracht, die sich auch über die Böschungen hinzieht. Die Seitenmauern sind aus Bruchsteinen aufgeführt.

Auch für die Bewässerungen der Abteilungen II und III ist die Anstauung des Wassers im Tschartschambafluß nötig. Dies geschieht durch ein gemeinsames Wehr unterhalb der Bagdadbahn bei Postaldjik nach dem Lageplan Abb. 6 Bl. 50. Das Wehr besteht wiederum aus einem gewöhnlichen Schützenwehr von sechs 1,5 m breiten Öffnungen und aus einem daneben liegenden Hochwasserwehr mit vier Öffnungen von 5 m Weite, die durch Stoneyschützen geschlossen werden, sowie aus einem angemessen langen Überfall. Die Schleusen sind durch hochwasserfreie Dämme zugänglich. Neben dem Wehr sind die Einlaßschleusen für die Abteilungen II und III angelegt, deren Bauart der Einlaßschleuse bei Jaila entspricht.

9. Die Kanäle zweiter und dritter Ordnung. Die Kanäle zweiter Ordnung dienen nur zur Verbindung der Hauptkanäle mit den Kanälen dritter Ordnung, den eigentlichen Bewässerungszügen. Da die Hauptkanäle dem Gelände mit geringem Gefälle folgen und auch die Kanäle dritter Ordnung zur Abgabe des Bewässerungswassers nur schwaches Gefälle haben dürfen, so werden alle Verbindungskanäle am besten quer zu ihnen, also in der Richtung des stärksten Gefälles angelegt. Sie erfordern dann den geringsten Querschnitt und verursachen wenig Erdarbeiten. Sie müssen aber stets so geführt werden, daß sie die höchsten Stellen des Geländes erreichen. Zu dem Zwecke war es öfters erforderlich, sie über tiefere Lagen hinweg aufzudämmen. Die Querschnitte der Kanäle zweiter Ordnung wurden wie die der ersten Ordnung nach der Wasserführung berechnet.

Die Kanäle dritter Ordnung oder die eigentlichen Bewässerungskanäle liegen am günstigsten schräg gegen die wagerechten Schichtenlinien, die man über das Gelände legen kann. Der Wasserspiegel muß so hoch liegen, daß er durchschnittlich um 25 cm das Gelände überragt. Mindestens müssen die höchsten Stellen des Landes vom Wasser erreicht werden können. Durch die hohe Lage des Wasserspiegels entsteht für diese Kanäle stets die Notwendigkeit, sie aufzudämmen, und die Schwierigkeit bei ihrer Ausführung liegt darin, den für die Aufdämmungen nötigen Boden auf wohlfeile und bequeme Weise zu gewinnen. Eine Berechnung dieser Kanäle nach der Wasserführung ist nur in sehr seltenen Fällen erforderlich, denn die Wasserführung ist im Verhältnis zu dem durch die Aufdämmung ohnehin gewonnenen Querschnitt gering.

Die Bodenmassen für die Kanäle dritter Ordnung können auf verschiedene Weise gewonnen werden: aus Einschnittstrecken, durch Führung auf den Böschungen benachbarter Kanäle, durch Entnahme des Bodens aus benachbarten Entwässerungsgräben oder durch Bodenentnahme neben oder innerhalb des Kanals selbst. Einschnittstrecken sind gewöhnlich nur in sehr geringem Umfange an den oberen Enden der Kanäle vorhanden. Die Führung auf den Böschungen eines benachbarten Kanals zweiter oder dritter Ordnung kann selten und auch dann nur in beschränkter Ausdehnung geschehen. Vorteilhafter und in sehr vielen Fällen anwendbar ist es schon, neben dem Kanal dritter Ordnung einen Entwässerungskanal dritter Ordnung anzulegen, gleichlaufend mit ihm. Dann kann der im Entwässerungskanal gewonnene Boden zur Aufdämmung des Bewässerungskanals benutzt werden. Dies sonst bequeme Mittel ist leider nicht überall anwendbar: denn die Entwässerungskanäle müssen grundsätzlich den Senkungen des Geländes folgen, um Versäuerungen des Bodens zu begegnen, während die Bewässerungskanäle die Höhen des Feldes beherrschen müssen. Gänzlich zu verwerfen ist, was leider oft geschieht, den Boden für



Abb. 22. Hauptschleuse bei Kara-Arslan.

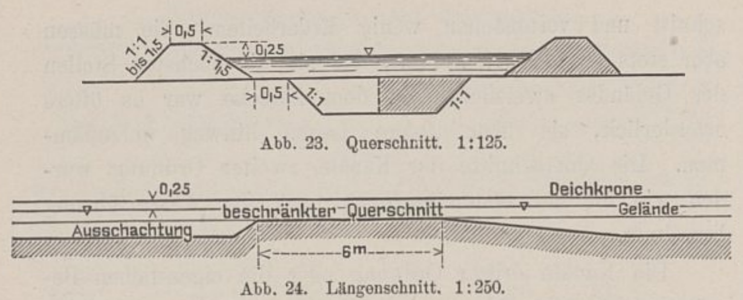


Abb. 23. Querschnitt. 1:125.

Abb. 24. Längenschnitt. 1:250.

Abb. 23 u. 24. Bewässerungskanal dritter Ordnung.

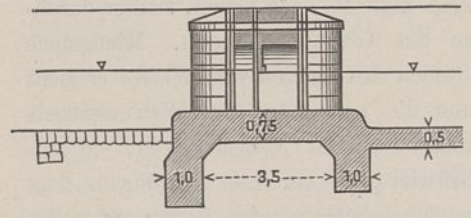


Abb. 25. Querschnitt durch eine Bewässerungsschleuse zweiter Ordnung.

die Kanäle dritter Ordnung seitlich neben dem Gelände zu entnehmen. Dadurch entstehen längs der Bewässerungskanäle breite Wasserlöcher, die eine Gefahr für den Verkehr auf dem Bewässerungsfelde bilden und durch welche viel Land der landwirtschaftlichen Benutzung entzogen wird.

Am vorteilhaftesten ist es, den Boden für die Aufdämmungen der Kanäle dritter Ordnung innerhalb der Kanäle selbst zu entnehmen, und zwar nach Text-Abb. 23 in solcher Tiefe und Breite, daß das Erfordernis der Anschüttung gedeckt wird. Die Bodenentnahme darf aber nicht durchgehend, sondern nur in Abschnitten erfolgen, wie der Längenschnitt Text-Abb. 24 zeigt, so daß wehrartige Rücken im Längenschnitt des Kanals stehen bleiben. Bei diesem Verfahren wird das Land zu beiden Seiten des Bewässerungskanals geschont, Löcher werden vermieden, und der Boden bleibt der landwirtschaftlichen Bestellung erhalten. Der Querschnitt des Kanals ist für die Wasserführung übermäßig groß. Es nimmt daher das Wasser nur eine sehr schwache Neigung an; aber die in der Längsrichtung stehen gebliebenen Rücken tragen zur Hebung des Wasserspiegels bei. In den zwischen den Rücken liegenden Becken erhält das Bewässerungswasser eine so geringe Geschwindigkeit, daß sich die mitgeführten Sinkstoffe absetzen. Dadurch füllen sich die tiefen Ausschachtungen in den Kanälen nach und nach zu. Die stehen gebliebenen breiten Rücken bieten eine bequeme Gelegenheit, um Feldwege als flache Furten über den Kanal zu führen. Es sind nur kurze Rampen erforderlich, mit denen die niedrigen Seitendämme erstiegen werden können.

Die von den Bewässerungskanälen dritter Ordnung in der Konia-Ebene beherrschten Gebiete sind 60 bis 300 ha groß, durchschnittlich haben sie 150 ha Größe. Die Länge der Kanäle beträgt im allgemeinen 2,5 km. Einlaßschleusen sind an allen Abzweigungen erforderlich, sowohl an den oberen Abzweigungen der Kanäle zweiter wie dritter Ordnung. Sie dienen zur Reglung der Bewässerung in den Wechselbetrieben. Text-Abb. 25 zeigt den Querschnitt einer Bewässerungsschleuse zweiter Ordnung. Text-Abb. 22 stellt die Hauptschleuse bei Kara-Arslam dar.

10. Die Entwässerungskanäle. Entsprechend den Bewässerungskanälen wurden auch Entwässerungskanäle über das Gelände gelegt. Das sind Kanäle, die das aufgeleitete Bewässerungswasser, welches nicht in den Boden eindringt, sammeln und ableiten. Die Sammlung und Abführung des überschüssigen Wassers ist erforderlich, um den Boden vor Versumpfungen zu bewahren. Wie bei den Bewässerungskanälen Kanäle erster, zweiter und dritter Ordnung zu unterscheiden sind, so sind auch für die Entwässerungen Kanäle dritter, zweiter und erster Ordnung erforderlich. Die Entwässerungskanäle dritter Ordnung sammeln das Wasser auf dem Bewässerungsfelde, sie müssen daher alle tiefen Senken des Geländes treffen; die Kanäle zweiter Ordnung vereinigen die gesammelten Wassermengen und führen sie den Hauptentwässerungskanälen erster Ordnung zu. Diese wiederum führen sie in den Fluß, den Tschartschamba Tschai, zurück.

Die wirtschaftlich beste Verwendung des Wassers würde geschehen, wenn die Entwässerungskanäle gar nicht benutzt werden; denn es handelt sich hier immer nur um anfeuchtende, nicht um düngende Bewässerung. Die Ableitung ist daher nur ein notgedrungen angewandtes Mittel, welches einzig den Zweck hat, das Land vor übermäßigen Wasseransammlungen und Versumpfungen zu bewahren. Da der größte Teil des aufgeleiteten Wassers immer in den Boden eindringen wird, so bleibt nur ein geringer Teil für die Entwässerungszüge übrig. Es genügt im allgemeinen, wenn die Entwässerungszüge nach dem dritten Teil derjenigen Wassermassen berechnet werden, welche die Bewässerungskanäle führen. Für die Entwässerungszüge dritter Ordnung ist eine Berechnung selten erforderlich, weil diese Kanäle meist zur Bodenlieferung für die aufgedämmten Bewässerungskanäle dienen.

11. Die Bewässerung im sechsfachen Wechselbetriebe. Wie oben unter 4. ausgeführt wurde, soll die

I — 8,85 | S1: 1472 ha 2,95 cbm, 8,81 | 5,86 cbm i.d.Sek. | S9: 140 ha 0,25 cbm, 5,73 | 5,48 | S11: 415 ha 0,75 cbm, 5,46 | 4,71 | S13: 115 ha 0,20 cbm, 4,69 | 4,49 | S15: 1057 ha 1,90 cbm, 4,44 | 2,54 cbm i.d.Sek. | nach Kara-Arslam 2,50 cbm i.d.Sek.

II — 8,91 | S1: 1523 ha 3,05 cbm, 8,87 | 5,82 cbm i.d.Sek. | S7: 240 ha 0,43 cbm, 5,72 | 5,29 | S11: 406 ha 0,73 cbm, 5,24 | 4,51 | S15: 1053 ha 1,90 cbm, 4,44 | 2,54 cbm i.d.Sek. | 2,50 " " " "

III — 8,67 cbm | S2: 1045 ha 2,09 cbm, 8,61 | 6,52 cbm i.d.Sek. | S8: 1201 ha 2,16 cbm, 6,43 | 4,27 | S12: 901 ha 1,62 cbm, 4,22 | 2,60 cbm i.d.Sek. | 2,50 " " " "

IV — 8,71 cbm | S2: 930 ha 1,86 cbm, 8,65 | 6,79 cbm i.d.Sek. | S8: 1172 ha 2,12 cbm, 6,70 | 4,58 | S12: 895 ha 1,61 cbm, 4,53 | 2,92 | S18: 180 ha 0,32 cbm, 2,82 | 2,50 " " " "

V — 8,58 cbm i.d.Sek. | S3: 1250 ha 2,25, 8,49 | 6,24 | S4: 145 ha 0,26 cbm, 6,22 | 5,96 | S6: 190 ha 0,34 cbm, 5,94 | 5,60 | S10: 553 ha 0,99 cbm, 5,55 | 4,56 | S14: 230 ha 0,41 cbm, 4,51 | 4,10 | S16: 103 ha 0,18 cbm, 4,06 | 3,88 | S19: 703 ha 1,35 cbm, 3,85 | 2,50 cbm i.d.Sek.

VI — 8,62 cbm i.d.Sek. | S3: 1297 ha 2,33 cbm, 8,53 | 6,20 cbm | S5: 180 ha 0,32 cbm, 6,17 | 5,85 | S10: 546 ha 0,98 cbm, 5,79 | 4,81 | S14: 328 ha 0,57 cbm, 4,76 | 4,19 | S17: 158 ha 0,28 cbm, 4,14 | 3,86 | S19: 697 ha 1,34 cbm, 3,84 | 2,50 cbm i.d.Sek.

Abb. 26. Wasserzuführung des Hauptzuleiters der Abteilung I bei sechsfachem Wechselbetriebe.

Bewässerung im sechsfachen Wechselbetriebe unter Zugrundelegung einer dauernden Zuführung von 0,3 bis 0,33 l Wasser auf ha u. Sek. geschehen. Bei solchem Betriebe würden daher die unmittelbar bewässerten Flächen 1,8 bis 2 l Wasser auf ha u. Sek. erhalten. Um nun die Kanäle nicht übermäßig groß und kostspielig werden zu lassen, wurde der Wechselbetrieb auf die Kanäle dritter Ordnung verlegt. Diese Kanäle werden durch die Zuleitung von 2 l Wasser auf ha u. Sek. nicht verteuert, weil sie zufolge ihrer aufgedämmten Bauart groß genug sind.

Die Kanäle zweiter Ordnung wurden so bemessen, daß 1 l Bewässerungswasser auf ha u. Sek. durch sie zugeführt werden kann. Sie würden daher einen dreifachen Wechselbetrieb ertragen oder bei sechsfachem Betriebe zweimal hintereinander benutzt werden können. Dies bei der Konia-Ebene gewählte Verfahren erleichtert die Einrichtung des Wechselbetriebes.

Die Hauptkanäle haben nur ein Zuführungsvermögen von 0,3 bis 0,33 l Wasser auf ha u. Sek. Infolge dieser verhältnismäßig geringen Wasserführung werden diese größten und teuersten Kanäle ziemlich wohlfeil. Sie werden dafür aber ständig in Anspruch genommen, laufen überhaupt nie trocken. Dies ist nicht als Nachteil, sondern unter Umständen, wie z. B. bei gedichteten Strecken, als Vorteil anzusehen. Aber bei der Berechnung der Hauptkanäle ist Rücksicht auf den Wechselbetrieb insoweit zu nehmen, als Querschnitt und Gefälle der Kanäle der durch die Entnahmestellen geschwächten Wasserführung angepaßt sein müssen und die Wasserspiegel an den Abzweigungen der Kanäle zweiter Ordnung die erforderliche Höhe haben müssen. Die Berechnung muß daher in der Weise erfolgen, daß man für jeden Wechselbetrieb die Beanspruchung der Kanäle an jeder Strecke ermittelt. In Text-Abb. 26 ist dies beispielsweise für den Hauptzuleiter der Abteilung I übersichtlich geschehen. Hiernach können die Querschnitte an den verschiedenen Stellen bestimmt und die Gefälle des Wassers sowie die Höhe des Wasserspiegels an den Abflüssen zweiter Ordnung ermittelt werden.

Wie nun die Flächen der drei Abteilungen I, II und III sich auf die Wechselbetriebe verteilen, zeigt die Übersicht auf S. 442. Es erhellt daraus, daß die Flächen ziemlich gleichmäßig den einzelnen Wechselbetrieben zugeteilt sind. Eine Gesamtdarstellung der Bewässerungskanäle erster und zweiter Ordnung gibt der Lageplan Abb. 5 Bl. 50.

12. Regulierung der Bewässerung und Ausführung der Arbeiten. Vor Eröffnung des Bewässerungsbetriebes müssen die Kanäle jeder einzeln für sich und demnächst jeder im Zusammenhang mit den Nachbarkanälen geprüft und berichtigt werden. Die Prüfung hat sich auf etwa nötige Änderungen des Querschnittes und des Längengefälles nach der Wasserführung, der Höhenlage des Geländes und dem Zusammenhang mit den benachbarten Kanälen zu erstrecken. Denn die theoretische Berechnung der Kanäle kann nicht an jeder einzelnen Stelle mit dem praktischen Erfordernis übereinstimmen. Änderungen nach dem Ergebnis der Probebewässerungen sind immer erforderlich.

Die Regulierungsarbeit muß bei den Kanälen dritter Ordnung begonnen werden. Diese Kanäle sind so einzurichten, daß, wenn durch ihre Einlaßschleusen die vorgeschriebene Wassermenge eingeleitet wird, alles Bewässe-

Verteilung der Flächen auf sechs Wechselbetriebe.

Hauptkanäle I. Ordnung	Bewässerungskanäle II. Ordnung	Wechselbetriebe						Zusammen	
		1 ha	2 ha	3 ha	4 ha	5 ha	6 ha	einzeln ha	in den Abteilungen ha
I	S. 1	1472	1523					2995	
	„ 2			1045	930			1975	
	„ 3					1250	1297	2547	
	„ 4					145		145	
	„ 5						180	180	
	„ 6					190		190	
	„ 7		240					240	
	„ 8			1201	1172			2373	
	„ 9	140						140	
	„ 10					553	546	1099	
	„ 11	415	406					821	
	„ 12			901	895			1796	
	„ 13	115						115	
	„ 14					230	328	558	
	„ 15	1057	1053					2110	
	„ 16					103		103	
	„ 17						158	158	
	„ 18				180			180	
	„ 19					703	697	1400	
		3199	3222	3147	3177	3174	3206		19 125
II	S. 1	789	772	764				2325	
	„ 2				944	969	932	2845	
	„ 3	820	807	803				2430	
	„ 4				690	709	671	2070	
		1609	1579	1567	1634	1678	1603		9 670
III	S. 1	327	312	311				950	
	„ 2				282	215	353	850	
	„ 3	210	277	349	114	134	101	1185	
	„ 4				206	207	177	590	
		537	589	660	602	556	631		3 575
hierzu I		3199	3222	3147	3177	3174	3206		
„ II		1609	1579	1567	1634	1678	1603		
	Zus.	5345	5390	5374	5413	5408	5440		32 370

rungswasser planmäßig über die Ufer tritt, so zwar, daß die an jeder Stelle übertretende Wassermenge der Breite des Geländes entspricht. Nur dann kann eine gleichmäßige Sättigung des Landes mit Bewässerungswasser erfolgen. Die Verteilung des übergetretenen Wassers auf dem Bewässerungsgebiet erfolgt durch die Landbewohner selbst. Sie pflegen das ihnen zugeführte Wasser durch kleine Gräben nach Belieben weiter zu verteilen und durch niedrige Dämme auf ihren Grundstücken so lange festzuhalten, bis das Wasser in den Boden eingedrungen ist. Es ist daher nötig, daß bestimmte Einlaßstellen in den Dämmen der Kanäle dritter Ordnung vorgesehen werden, durch welche das Wasser auf das Land sich ergießen oder von den Landbewohnern in Gräben aufgenommen werden kann. Für diese Einlaßstellen genügt eine Entfernung von 50 bis 100 m je nach der Breite des dahinter liegenden Landes. Hoch belegene Geländestellen sind hierfür am besten geeignet. Es ist dann Aufgabe des Ingenieurs, die Kanäle so einzurichten, daß das Wasser an jeder Ausflußöffnung in genügender Höhe und in genügender Menge austreten kann. Gewöhnlich fehlt es an der erforderlichen Höhe des Wasserspiegels. Das in den unregulierten Kanal eingeleitete Bewässerungswasser fließt bis zum Ende des Kanals, staut hier an und ergießt sich durch die untersten Einschnitte der Kanaldämme über das Land. Die mittleren und oberen Einschnitte bekommen kein Wasser mehr. So wird nur die untere Hälfte oder das untere

Drittel des ganzen Landes bewässert. Diesem Umstande muß dadurch begegnet werden, daß der Wasserspiegel in den Bewässerungskanälen streckenweise gehoben wird. Hierzu werden die in der Längsrichtung der Kanäle stehen gebliebenen Zwischendämme (s. Text-Abb. 24) benutzt. Diese Dämme werden so weit erhöht, als die Hebung des Wasserspiegels zur Beherrschung des benachbarten Landes erfordert. Der zur Aufhöhung nötige Boden wird in der Sohle des Kanals oberhalb der Längsdämme entnommen. Wird dann nach solcher Vorbereitung das Wasser in den Kanal geleitet, so hebt es sich zwischen den Dämmen wie in Kanalhaltungen und stellt sich nahezu wagerecht, aber in der geforderten Höhe von 25 cm über dem Gelände ein.

Sind alle Bewässerungskanäle dritter Ordnung in dieser Weise geregelt, so sind die Kanäle zweiter Ordnung nach ihrer Wasserführung und Wasserhöhe zu prüfen. Hier ist die Reglung einfacher, denn sie kann durch die Einlaßschleusen dritter Ordnung erfolgen. Diese Schleusen sind je nach dem Bedürfnis zu erweitern oder zu verengen. Demnächst ist es nötig, die Einlaßschleusen zweiter Ordnung zu regeln, indem man die Wasserspiegelhöhe der Kanäle zweiter Ordnung in Einklang bringt mit der Wasserspiegelhöhe des vorbeiführenden Kanals erster Ordnung.

Die planmäßige Bewässerung der Konia-Ebene wird im Jahre 1912 erfolgen. Sie wird sich aber nicht mit einem Male auf das ganze Bewässerungsgebiet erstrecken. Denn das Bedürfnis für die Bewässerung hängt von der Benutzung des Landes, von der Verteilung und Größe der Ortschaften, der Zahl und der Geschicklichkeit der Landbevölkerung ab. Sie wird sich daher zunächst auf diejenigen Flächen beschränken, die infolge genügender Besiedlung schon jetzt regelmäßig bestellt werden können. Diese Flächen sind umfangreich genug; denn schon jetzt sind Ortschaften in reicher Zahl im Bewässerungsgebiet vorhanden, und es ist sicher zu erwarten, daß bei der Wertschätzung bewässerbarer Ländereien der Zuzug fremder Landbewohner, die Bildung neuer Ansiedlungen rasch zunehmen wird. Neue bequeme Wege und Straßen sind in dem Bewässerungsgebiet vielenorts angelegt worden. In bezug auf die Bestellung des Landes wird die Bewässerung voraussichtlich keine Änderung hervorrufen. Man wird nach wie vor Gemüse und Getreide, besonders Gerste bauen. Für Tropenkulturen, Baumwolle u. dgl. ist das Klima nicht geeignet. Aber statt der einfachen Ernten in einem Jahre und der langen Brachzeit werden künftig unter Umständen zwei Ernten gewonnen werden können, und es werden bei Innehaltung einer geeigneten Fruchtfolge die Erträge von der Flächeneinheit die erwünschte Steigerung erfahren.

Die oberste Leitung aller Arbeiten unterstand dem technischen Direktor der Gesellschaft für die Bewässerung der Konia-Ebene, Geheimen Baurat Dr.-Ing. O. Riese in Frankfurt a. M. Die örtliche Leitung war dem Baudirektor H. Waldorp in Konia übertragen und nach dessen Erkrankung dem Regierungsbaumeister E. Weidner. Als technischer Beirat war der Berichterstatter tätig.

Gerhardt.

Umgestaltung der Bahnhofsanlagen in Darmstadt.

(Mit Abbildungen auf Blatt 51 und 52 im Atlas.)

Die Stadt Darmstadt hatte bislang zwei Hauptbahnhöfe, den Durchgangsbahnhof der Main-Neckar-Eisenbahn für die Hauptlinie Frankfurt — Heidelberg und den Kopfbahnhof der Hessischen Ludwigsbahn für die Main-Rheinbahn Mainz — Darmstadt — Aschaffenburg, für die Riedbahn Darmstadt — Worms und für die Odenwaldbahn Darmstadt — Groß-Zimmern und Wiebelsbach — Heubach.

Der bisherige Main-Neckarbahnhof, der in seiner Gestaltung, insbesondere im Personenbahnhof, im wesentlichen dasselbe Bild zeigte wie bei seiner Entstehung vor mehr als sechzig Jahren, konnte den Anforderungen des dermaligen Verkehrs, den Anforderungen für die Sicherheit des Betriebes sowie den Ansprüchen des reisenden Publikums in keiner Weise mehr gerecht werden. Die Gleisanlagen waren unzureichend. Für den großen Verkehr standen lediglich zwei Gleise zur Verfügung, die beiden Bahnsteige waren äußerst schmal und kurz, der zweite nur durch Überschreiten des ersten Hauptbahnsteiges zugänglich. Unmittelbar am südlichen Ende der Bahnsteiganlagen kreuzte die Rheinstraße nebst der Dampfstraßenbahn von Darmstadt nach Griesheim den Bahnkörper mit seinen sieben Gleisen. Am Südende des Güterbahnhofes bestanden vier weitere Planübergänge. Das Empfangsgebäude befand sich seiner Grundfläche nach ebenfalls noch in seiner ursprünglichen Gestaltung und war durch den Mangel an Vorraum außerordentlich beengt. Auch der Bahnhof der Hessischen Ludwigsbahn konnte dem stetig gewachsenen Verkehr und dessen gesteigerten Ansprüchen nicht mehr genügen. Eine durchgreifende Änderung zur Beseitigung der Mängel war dringend geboten.

Geschichtliches über die Entwurfbearbeitung. Im März des Jahres 1898 erhielt die Eisenbahndirektion Mainz den Auftrag, einen Entwurf für die Umgestaltung der Bahnhöfe in Darmstadt unter der Voraussetzung der Vereinigung der beiden Personenbahnhöfe und des Dienstes in diesen dem Herrn Minister der öffentlichen Arbeiten in Berlin vorzulegen. Nachdem die Angelegenheit durch verschiedene Vorentwürfe eingehend geprüft war, wurde im Jahre 1901 bei Gelegenheit des Abschlusses des Staatsvertrages zwischen Preußen, Baden und Hessen über die Vereinfachung der Verwaltung der Main-Neckarbahn auf Grund des Entwurfes I der Eisenbahnverwaltung ein festes Abkommen über die alsbaldige Inangriffnahme der Umgestaltung der Bahnhofs- und Werkstättenanlagen in Darmstadt unter Beseitigung der alten Hauptwerkstätte der Main-Neckarbahn und erheblicher Vergrößerung der Hauptwerkstätte der Königlich Preußischen und Großherzoglich Hessischen Staatseisenbahn getroffen.

Dieser erste Entwurf, dessen Kostenanschlag für den Bahnhofsumbau mit 9 200 000 Mark und für die Erbauung



Abb. 1. Überführung der Breiten Allee.

der Hauptwerkstätte mit 2 930 000 Mark abschloß, sah eine Vereinigung der beiden Personenbahnhöfe am bisherigen Platz und Belassung des Verkehrs an Ort und Stelle vor, wobei das Empfangsgebäude der Main-Neckarbahn für die Abfertigung des Personenverkehrs völlig aufgegeben und dieser mit dem Personenverkehr der Hessischen Ludwigsbahn in dem erweiterten Empfangsgebäude der Hessischen Ludwigsbahn untergebracht werden sollte. Von einer weiteren Benutzung des Güterbahnhofs der Main-Neckarbahn sollte abgesehen und der gesamte Eilgut- und Stückgutverkehr im Güterbahnhof der Hessischen Ludwigsbahn, der für den Wagenladungsverkehr im nördlichen Teil der Gemarkung Darmstadt, neben der Main-Neckarbahn, eine angemessene Erweiterung zu erhalten hatte, vereinigt werden. Unter Beibehaltung der Höhenlage der Main-Neckarbahn sollten die Übergänge in Schienenhöhe an der Rheinstraße durch eine 6 m hohe Überführung mittels einer Schleife von seitlich ansteigenden Rampen und weiter südlich an der Stadtallee durch eine Unterführung mit Rampen in bisheriger Richtung ersetzt werden. Gleichzeitig sollten durch Verlegung der Aschaffenburger Linie neben die Verbindungsbahn nach Kranichstein und Errichtung einer Überführung an der Kreuzungsstelle der Frankfurter Straße und der Verbindungsbahn die Planübergänge in der Frankfurter Straße beseitigt werden. Gegen diesen Entwurf erhob sich in der Stadt Darmstadt ein außerordentlich starker Widerstand, der insbesondere die Rampen, mit der die Rheinstraße überführt werden sollte, ferner die Zufuhrstraße zu dem Güterbahnhof an der Pallaswiesenstraße und schließlich die durch den Entwurf angeblich eintretende Verkehrsunterbindung zwischen der Stadt und dem westlichen Stadtteil betraf.

Inzwischen war von der Direktion Mainz die Frage weiter untersucht worden, inwieweit ihr erster Entwurf bei Belassung der Main-Neckarbahn in ihrer jetzigen Höhenlage, hiernach auch bei Belassung der vorgesehenen Rheinstraßenrampen, in seinen nördlich der Rheinstraße gelegenen Teilen — namentlich auch unter Hinauslegung der Odenwaldbahn — für die Stadt günstiger gestaltet werden könne. Für die Nordseite war daher ein neuer zweiter Entwurf mit Zusammenziehung sämtlicher Hauptgleise — nämlich Vereinigung der Linien Worms, Mainz, Aschaffenburg und Odenwaldbahn nahe der Verbindungsbahn, dann gleichlaufende Einführung dicht neben der Main-Neckarbahn — und mit Zusammenlegung des Eilgut-, Stückgut- und Wagenladungsverkehrs im Hessischen Ludwigsbahnhof aufgestellt. Auch dieser Entwurf wurde städtischerseits trotz seiner unleugbaren Vorteile abgelehnt, da er nicht so zugkräftig war, um den allgemein in der Stadt bestehenden Widerstand gegen eine Rampenanlage und Umlegung der Rheinstraße zu überwinden.

Zur Prüfung der Bahnhofsfrage hatte unterdessen die Stadt drei Sachverständige, nämlich die Herren Geheimen Baurat Professor Koch-Darmstadt, Geheimen Oberbaurat Professor Baumeister-Karlsruhe und Ingenieur Gleim-Hamburg, gewonnen und sie mit der Begutachtung des Entwurfs der Eisenbahnverwaltung betraut. Daraufhin stellten die Sachverständigen der Stadt einen vollständigen Gegenentwurf auf, der auf der Nordseite wegen Verlegung der Odenwaldbahn von ähnlichen Gesichtspunkten ausging, wie sie sich im zweiten Entwurf der Eisenbahnverwaltung als technisch durchführbar erwiesen hatten, im übrigen aber eine Tieferlegung der Main-Neckarbahn um 4,5 m unter Beibehaltung der Höhenlage der übrigen Bahnlinien vorsah, um eine geradlinige und fast rampenlose Überführung im Zuge der Rheinstraße zu ermöglichen. Es war jedoch nicht zu verkennen, daß dieser von den Sachverständigen mit Rücksicht nur auf die bestehenden Straßenverhältnisse aufgestellte Entwurf, vom Standpunkte der Interessen des Eisenbahnverkehrs aus betrachtet, insbesondere auch betrieblich, an erheblichen Mängeln litt. Nachdem die Angelegenheit eisenbahnseitig weiter eingehend geprüft und festgestellt war, daß es wohl möglich sei, den Wünschen der Stadt entsprechend durch die Tieferlegung der Main-Neckarbahn eine schienenfreie Überführung der Rheinstraße an der jetzigen Kreuzungsstelle auszuführen, ohne daß die Interessen der Eisenbahnverwaltung wesentlich beeinträchtigt werden, wurde von der Eisenbahn ein dritter Entwurf ausgearbeitet, der an der Rheinstraße

eine Senkung der Bahn um 2,56 m — nach der Höhenlage der vorhandenen Straßenkanäle — und eine Straßenrampe von 3,44 m Höhe vorsah. Das Maß der Senkung der Gleise reichte gerade hin, um die Rheinstraße in ihrer jetzigen Richtung mit angemessenen Rampenentwicklungen schienenfrei überführen zu können, den ersten Bahnsteig (Richtung nach Frankfurt) der Main-Neckarbahn neben dem Empfangsgebäude zu erhalten, die Bahnsteigtunnelanlage zweckmäßig anzuordnen und einen sicheren Übergang von Personenwagen zwischen der Main-Neckarbahn und den übrigen Linien für den Eisenbahnbetrieb möglich zu machen.

Die Empfangsgebäude beider Bahnhöfe sollten möglichst wenig verändert und durch einen Eckbau, der die Empfangshalle, die Fahrkartenschalter und die Gepäckabfertigung enthielt und so den Zu- und Abgang der Reisenden in den Diagonalen nach beiden Richtungen auf kürzestem Wege ermöglichte, miteinander verbunden werden. Der Güterverkehr auf dem Main-Neckarbahnhof und in Darmstadt-Süd sollte eingehen und der gesamte Stückgut-, Eilgut- und Wagenladungsverkehr an einer Stelle, im bisherigen Ludwigsbahnhof, zusammengelegt werden. Für den Massengüterverkehr — namentlich den Kohlenverkehr — sollte eine besondere Ladeanlage mit zugehörigen Lagerplätzen, bei Heranrückung dieser Anlagen an die Main-Neckarbahn, nördlich im Pallaswiesenfelde geschaffen werden.

Im März 1904 wurde der neue Entwurf III der Stadt bekanntgegeben und erörtert, worauf die Stadt ihn ihren Sachverständigen zur Begutachtung übersandte. Auf Grund des von diesen erstatteten und mit Plänen ergänzten ausführlichen Gutachtens, Entwurf IV genannt, beschloß die Stadt, die Tieferlegung der Main-Neckarbahn ungefähr in dem von ihren Sachverständigen vorgeschlagenen Maße als im Interesse der Stadt unerläßlich notwendig anzusehen, und teilte im Oktober desselben Jahres bei Übersendung des Gutachtens an die Eisenbahnverwaltung mit, daß eine Ablehnung dieses Vorschlages alle weiteren Verhandlungen zur Herbeiführung einer Verständigung als aussichtslos erscheinen lasse. Am 30. November 1904 fand dann nochmals eine Besprechung zwischen den Technikern der Eisenbahnverwaltung und der Stadt und den von ihr erwählten Sachverständigen statt, in der die in dem Gutachten enthaltenen Vorschläge der Sachverständigen eingehend geprüft und erörtert wurden. Seitens der Stadt wurde dabei die Erklärung abgegeben, daß einer Überführung der Rheinstraße über die Main-Neckarbahn in der im Entwurf III der Eisenbahn vorgesehenen Form nicht zugestimmt werden könnte, vielmehr daran festzuhalten wäre, daß eine Hebung der Rheinstraße am Kreuzungspunkt mit der Bahn über das von der Stadt angenommene Maß von 0,73 m, d. h. bis zur Höhe der Straßenkrone der nächsten stadtseitig gelegenen Straße, der früheren Kasernenstraße, jetzigen Landgraf-Philipp-Anlage, nicht eintreten würde. Eisenbahnseitig wurde geltend gemacht, daß der von der Stadt gewünschten tiefen Senkung der Main-Neckarbahn erhebliche Bedenken wegen der dadurch eintretenden Erschwerungen des Betriebes und Verkehrs entgegenständen. Da bei der tiefen Senkung der Main-Neckarbahn-Gleise der Höhenunterschied zwischen diesen und den Gleisen der Hessischen Ludwigsbahn am Empfangsgebäude etwa 5 m betragen würde, so wäre bei der Überführung von Zügen und Wagen von einer Linie zur anderen nicht allein die Überwindung des bedeutenden Höhenunterschieds, sondern auch die Zurücklegung langer Verschiebewege sehr hinderlich. Die Erschwerung der Benutzung der in verschiedenen Höhen liegenden Gleise des Bahnhofes würde gegen die rasche und sichere Durchführung des Betriebes um so mehr ins Gewicht fallen, als der Personenübergangsverkehr im steten Steigen begriffen wäre. Bei Ausführung des städtischen Entwurfes würde es erforderlich sein, zur Ausgleichung des erheblichen Höhenunterschiedes zwischen den Gleisen der Main-Neckarbahn und der Hessischen Ludwigsbahn eine längere Rampe mit stärkerer Steigung einzulegen, die für den Betrieb besonders ungünstig sich gestalten würde, da sie dicht hinter den Bahnsteigen beginnen und von stark belasteten Zügen befahren werden müßte, die unmittelbar vor dem Fußpunkt der Rampe gehalten hätten. Durch die tiefe Senkung der Main-Neckarbahn-Gleise würde daher nicht allein eine Verschlechterung in der Bedienung und Benutzung der Bahnhofsgleise herbeigeführt werden, sondern es entständen auch Nachteile für den durchgehenden Verkehr der Schnell- und Personenzüge und der Güterzüge. Schließlich wurde festgestellt, daß bei Tieferlegung der Main-Neckarbahn in dem geforderten Umfange und bei Einlegung einer für einen geordneten Eisenbahnbetrieb zulässigen Steigung der Zusammenschluß der beiden Bahnlinien nur durch eine teilweise Senkung und einen Umbau des Hessischen Ludwigsbahnhofes erzielt werden könnte. Da nun eisenbahnseitig der Ausführung des städtischen Entwurfes erhebliche betriebliche und geldwirtschaftliche Bedenken entgegenstanden, die Stadt aber wiederum an ihrer Forderung festhielt, war auf eine andere Lösung der Erweiterung der Darmstädter Bahnhofsanlagen Bedacht zu nehmen, die den Interessen und Wünschen der Staatseisenbahnverwaltung und der Stadt Rechnung tragen konnte. Das war nur mit einer Verlegung der bisherigen Bahnhofsanlagen zu erreichen. Nach diesen Gesichtspunkten wurde daher der Entwurf V der Eisenbahnverwaltung ausgearbeitet, der dann die Zustimmung der Hessischen Regierung und der Stadt erhielt und der Ausführung zugrunde gelegt wurde.

Beschreibung der neuen Bahnhofsanlagen. Der neue Personenbahnhof ist auf der Nordseite der Breiten Allee, der Verlängerung der Rheinstraße, in der „Tanne" rund 800 m westlich des bisherigen Bahnhofes der Main-Neckarbahn angeordnet (Abb. 1 Bl. 51 u. 52). Auf seiner Ostseite und neben den Ein- und Ausfahrtgleisen auf der Nordseite des Personenbahnhofes ist der Ortsgüterbahnhof (Verschiebebahnhof für Darmstadt ist Kranichstein) und westlich von den Hauptgleisen daselbst der Betriebsbahnhof für den Lokomotivdienst und daneben wieder die Hauptwerkstätte für die Lokomotivreparatur errichtet.

Die durch die Verlegung des Bahnhofes bedingte Änderung der Linienführung der vorhandenen Bahnen beginnt auf der Nordseite von Darmstadt für die Main-Neckarbahn am Ausgange des Bahnhofes Arheilgen bei km 23,6, für die Linie Mainz — Darmstadt halbwegs der Station Weiterstadt 1,3 km unterhalb der bisherigen Blockstelle Hammelstrifft, bei der neuen Blockstelle Stockschneise und für die Linie Worms — Darmstadt am Nordostende des Kavallerieexerzierplatzes an der Gräfenhäuser Straße. Die verlegten Linien verlaufen außerhalb der im Westen von Darmstadt geplanten



Abb. 2. Überführung der Gleise Darmstadt—Frankfurt und Darmstadt—Mainz über die Gleise Darmstadt—Aschaffenburg und Aschaffenburg—Darmstadt.

Bebauung, kreuzen dabei, annähernd parallel zur früheren Main-Neckarbahn laufend, den Pfarrwiesenweg, die Gräfenhäuser Straße, den Pallaswiesenweg, die Weiterstädter Straße, den Landwehrweg, den Dornheimer Weg und die Breite Allee, auf deren Nordseite der neue Hauptbahnhof errichtet ist. Südlich des Hauptbahnhofes zieht sich dann die verlegte Main-Neckarbahn am Waldessaum hinter dem Infanterieexerzierplatz, der Kavalleriekaserne, dem Hopfengarten und dem Großherzoglichen Akaziengarten entlang, durchschneidet dabei die Holzhofallee, die Stadtallee, sowie die Eschollbrücker Straße an der Kreuzung mit dem Bessunger Weg, nimmt sodann eine südöstliche Richtung und erreicht rund 1500 m südlich der ehemaligen Haltestelle Darmstadt-Süd wieder den Anschluß an die alte Linie.

Die vom Bahnhof Darmstadt nach Nordosten und Osten abzweigenden Bahnlinien, die Aschaffenburger Linie und die Odenwaldbahn, laufen, nachdem sie den Bahnhof verlassen haben, in der Richtung der alten Güterverbindungsbahn nach Kranichstein und durchschneiden mit dieser zusammen die Frankfurter Straße. Die Aschaffenburger Linie mündet dann an der Gemarkungsgrenze zwischen Darmstadt und Arheilgen wieder in die frühere Main-Rheinbahn, während die Odenwaldbahn, um sämtliche Ziegeleien in weitem Bogen zu umgehen, weiter nach Osten zu verläuft, an der nördlichen Ecke der Fasanerie unweit der Kranichsteiner Straße sich nach Süden wendet und östlich der Dieburger Straße in die alte Odenwaldbahn einschwenkt.

Die durch die Lage der einzelnen Bahnsteiggleise zueinander bedingte Einführung der verschiedenen Bahnen von Norden her in den Hauptbahnhof ist außerhalb des Bahnhofes derart angeordnet, daß Bahnkreuzungen in Schienenhöhe vermieden sind. Weiter sind die vorhandenen, von den verlegten Linien gekreuzten Wege und Straßen bis auf einige unbedeutende Feld- und Waldwege schienenfrei unter- oder überführt worden, und zwar unter Vermeidung von Anrampungen — wo dies mit Rücksicht auf die Höhen- und Steigungsverhältnisse der Bahnlinien möglich war — und unter Anwendung mäßiger Steigungen bei den Straßen, wo



Abb. 3. Überführung des Dornheimer Weges.



Abb. 4. Überführung des Gleises Darmstadt—Aschaffenburg über die Gleise Worms—Darmstadt, Darmstadt—Worms und Aschaffenburg—Darmstadt.

Auffahrts- oder Abfahrtsrampen unvermeidlich waren. So sind 32 verschiedene Kunstbauten geschaffen, von denen einige bedeutendere in den Text-Abb. 1 bis 10 dargestellt sind.

Auch für geordnete Durchführung der Vorflutanlagen durch die einzelnen Bahnlinien und Entwässerung des im Einschnitt gelegenen Hauptbahnhofes und seiner Nebenanlagen ist Sorge getragen, indem ausgedehnte Netze von gemauerten und Rohrdurchlässen hergestellt und die früheren im Zuge des Griesheimer Weges und der Eschollbrücker Straße gelegenen, von den neuen Linien durchschnittenen Hauptkanäle — von der Anlage von Dückern war auf Wunsch der Stadt abgesehen — durch neue tief gelegene und erheblich erweiterte Kanalanlagen ersetzt sind. Die hierbei durch die Eisenbahnumbauten verursachten Kosten sind von der Eisenbahnverwaltung, die durch die Vergrößerung der Kanalquerschnitte und Ergänzung des Kanalnetzes entstandenen Kosten von der Stadt Darmstadt getragen.

Anlagen für den Personenverkehr. Im Hauptpersonenbahnhof sind die Gleise der einzelnen Richtungen an den Bahnsteigen und zueinander derart angeordnet, daß die Durchführung von Durchgangszügen der Richtungen Frankfurt — Darmstadt — Heidelberg und Mainz — Darmstadt — Heidelberg neben den in Darmstadt Kopf machenden Zügen der Richtungen Mainz — Darmstadt — Aschaffenburg und Worms — Darmstadt — Aschaffenburg sowie der umgekehrten Richtungen gewährleistet ist, ohne daß Kreuzungen in Schienenhöhe zwischen den verschiedenen Richtungen im Personenbahnhof eintreten. Zu dem Zweck sind die beiden Hauptgleise der Frankfurt—Heidelberger und Mainz—Aschaffenburger Richtungen auseinander gezogen und auf getrennten Bahnkörpern in den Bahnhof derart eingeführt, daß das Gleis der Richtung Frankfurt—Heidelberg am weitesten nach Westen verschwenkt ist (Abb. 2 Bl. 51 u. 52). Nach Osten reiht sich daneben das Gleis Mainz — Darmstadt zur Durchführung durchgehender Züge Mainz — Heidelberg, daneben wieder das Gleis Darmstadt — Aschaffenburg zur Durchführung der Kopf machenden Züge Mainz — Aschaffenburg, dann schließlich das Gleis Worms — Darmstadt zur Durchführung der ebenfalls Kopf machenden Züge Worms — Aschaffenburg. Hierzu entsprechend sind die Gleise der umgekehrten Richtungen angeordnet; also nach Osten schließen sich weiter an das Gleis Darmstadt — Worms, dann das Gleis Aschaffenburg — Darmstadt, das Gleis Darmstadt — Mainz und das Gleis Heidelberg — Darmstadt — Frankfurt. Weiter gliedern sich dann die Gleise der Odenwaldbahn und die besonderen Gütergleise Heidelberg — Darmstadt — Kranichstein bis vor das Empfangsgebäude an. Südlich des Personenbahnhofes laufen die Bahnsteiggleise der Richtungen Frankfurt, Mainz und Aschaffenburg im Hauptgleis Darmstadt — Heidelberg zusammen, während sich das Hauptgleis der umgekehrten Richtung in die Bahnsteiggleise der Richtungen Frankfurt und Mainz gabelt.

Für die Richtungen Frankfurt und Heidelberg sind zum Zweck der Überholung je zwei Bahnsteigpersonengleise und für die Richtungen Mainz — Aschaffenburg, Worms — Aschaffenburg und die Odenwaldbahn für jede Richtung je ein Bahnsteiggleis vorgesehen. Die Weichenverbindungen und Sicherungsanlagen sind indessen derart ausgebildet, daß die Bahnsteiggleise der mit nur geringem Verkehr belasteten Wormser Strecke auch zu Überholungen der Richtungen Mainz und Aschaffenburg nutzbar gemacht sind.

Von den 300 m langen, 10 und 12 m breiten Personenbahnsteigen, von Gleismitte zu Gleismitte gemessen — für den Gepäck- und Postverkehr sind gesonderte 8 m breite Gepäckbahnsteige angeordnet —, dient der westlichste den Zügen der Richtung Heidelberg, nach Osten zu folgend der nächste den Zügen der Richtung nach Aschaffenburg, der weitere den Zügen der Richtung nach Worms und nach Mainz, der folgende den Zügen der Richtung nach Frankfurt und der nächste den Zügen der Odenwaldbahn. Für Sonderzüge ist unmittelbar vor dem Empfangsgebäude ein weiterer 250 m langer Bahnsteig angeordnet. Als Bahnsteiggleis für diese Züge dient das Gütergleis Heidelberg — Kranichstein, das mit sämtlichen Hauptgleisen nördlich und südlich des Personenbahnhofes durch durchgehende Weichenstraßen verbunden ist und für die Abfertigung von Sonderzügen frei gehalten werden kann.

Das Empfangsgebäude des neuen Hauptbahnhofes, das mit dem Fürstenbau, dem Amtsgebäude und dem Wirtschafts- und Wohngebäude zu einer geschlossenen Gruppe vereinigt ist, ist auf der Ostseite der Bahnanlagen, parallel zu den durchgehenden Hauptgleisen angeordnet. Als Hauptzufahrtstraße zum Personenbahnhof ist die Breite Allee anzusehen; der Haupteingang ist daher an die Südseite des Gebäudes gelegt, unter Anpassung an den neuen Bebauungsplan der Stadt Darmstadt, welcher hier einen Hauptstraßenzug, schräg bis zur Breiten Allee, vorsieht. In der Achse des Griesheimer Weges ist der Ausgang geschaffen. Aus dieser grundsätzlichen Anordnung ergibt sich eine Zweigestaltung der Eintrittshalle und die Lage aller anderen Räume (Abb. 3 Bl. 51 u. 52). Nach Eintritt in die Südhalle liegen westlich die Gepäckräume mit dem anschließenden Gepäcksteg, östlich die Fahrkartenausgaben und nördlich die Wartesäle und Wirt-



Abb. 5. Überführung der Frankfurter Straße.

schaftsräume, während die Westhalle an ihrer Südseite die Abort- und Waschanlagen, an der Nordseite einen Verkaufsstand, Fernsprechzellen und einen Raum für Fahrpläne und Fahrpreisanzeiger und an der Westseite die Bahnsteigsperren enthält.

Die Empfangsräume für Fürstlichkeiten schließen sich südlich vom Empfangsgebäude in einem besonderen am ersten Bahnsteig gelegenen Gebäude an. Für den Fall, daß Fürstlichkeiten mit fahrplanmäßigen Zügen fahren, erfolgt der Ab- und Zugang über den an die Fürstenräume sich nordwärts anschließenden Gang und den mit dem Gepäcksteg verbundenen Fürstensteg. Es ist vorgesehen, daß bei außerordentlich starkem Verkehr über diesen Steg auch der teilweise Abgang der Reisenden und zwar durch die offene Halle nördlich vom Fürstenbau erfolgen kann. Die Längslage des Empfangsgebäudes an den tiefgelegenen Gleisen — rund 6 m über diesen — macht es möglich, an dem ersten Bahnsteig die Betriebsräume des Stations- und Telegraphendienstes, sowie Aufenthalts-, Wasch- und Baderäume für das Betriebspersonal in auskömmlicher Weise unterzubringen.

An den Fürstenbau nach Osten zu schließt sich, etwa in der Tiefe des Hauptgebäudes, das Amtsgebäude mit den Bureauräumen der drei Betriebsämter, des Maschinenamtes und des Verkehrsamtes und den Wohnungen eines Amtsvorstandes und einiger Unterbeamten an. In einem an der Nordseite des Empfangsgebäudes angegliederten besonderen Bauteil liegen die Räume für die Stationskasse, weitere Dienst- und Wirtschaftsräume für die Betriebsverwaltung und im Obergeschoß die Wohnungen des Bahnwirtes und des Oberbahnhofvorstehers.

Die Bahnsteigüberdachung setzt sich, der Grundrißanordnung des Empfangsgebäudes entsprechend, aus den einzelnen Zugangsstegen zu den Bahnsteigen und den eigentlichen Bahnsteighallen zusammen. Nach Süden zu bildet der Fürsten- und Gepäcksteg mit den Treppenanlagen zu den Personenbahnsteigen und den Aufzügen zu den Gepäckbahnsteigen den Abschluß der Bahnsteigüberdachung. Der Fürsten- und Gepäcksteg ist in Eisenbetonbauweise ausgeführt und seiner Form und Ausgestaltung nach dem sich rechtwinklig anschließenden Fürstenbau angegliedert. Als Fortsetzung der Halle des Empfangsgebäudes in der Achse des Griesheimer Weges ist der als Eisenbau ausgebildete Personensteg mit seinen Treppenanlagen zu den fünf Personenbahnsteigen an der Südseite einer 34 m breiten, 18 m hohen und 94 m langen eisernen Querhalle (in Bogenform) angeordnet, an die sich nach beiden Seiten fünf eiserne Längsbogenhallen von 18, 19 und 20 m Stützweite mit einer Höhe von 8,75 m über den erhöhten Personenbahnsteigen anschließen. Durch Anordnung dieser Querhalle, in der sich der Personensteg als freie Plattform erhebt, ist für die Reisenden vom Personensteg aus eine vollkommene freie Übersicht über sämtliche Bahnsteig- und Personengleise geschaffen, eine Übersicht, die zu einer schnellen und ungehinderten Abwicklung des Verkehrs wesentlich beiträgt. Für gute Beleuchtung der Bahnsteige und sichere und leichte Abführung des senkrecht aufsteigenden Lokomotivrauches in den Hallen ist Sorge getragen, indem in der Querhalle an allen vier Seiten große durchlaufende Fenster und in der Decke zehn über den Gleisen liegende Lüftungshauben vorgesehen sind, während in den Längshallen steil geneigte Oberlichter in reichlicher Breite und durchlaufende Seitenöffnungen angeordnet sind und über den Gleisen selbst zur Rauchabfuhr ein etwa 1 m breiter Teil der Halle uneingedeckt geblieben ist. An den Bogenbindern hängende, parallel zu den Bahnsteigkanten laufende, verglaste Schürzen schützen die Personenbahnsteige gegen Einschlagregen. Die Eindeckung der Querhalle und der Längshallen besteht aus Bimszementkassettenplatten mit Eiseneinlagen und Pappoleinabdeckung. Die Länge der Bahnsteigüberdachung vom Fürstensteg nach Norden zu beträgt 146 m. Der vor dem Empfangsgebäude liegende Bahnsteig I ist ebenfalls vom Fürstensteg aus nach Süden zu auf einer Länge von 122 m mit einer Überdachung versehen. Diese

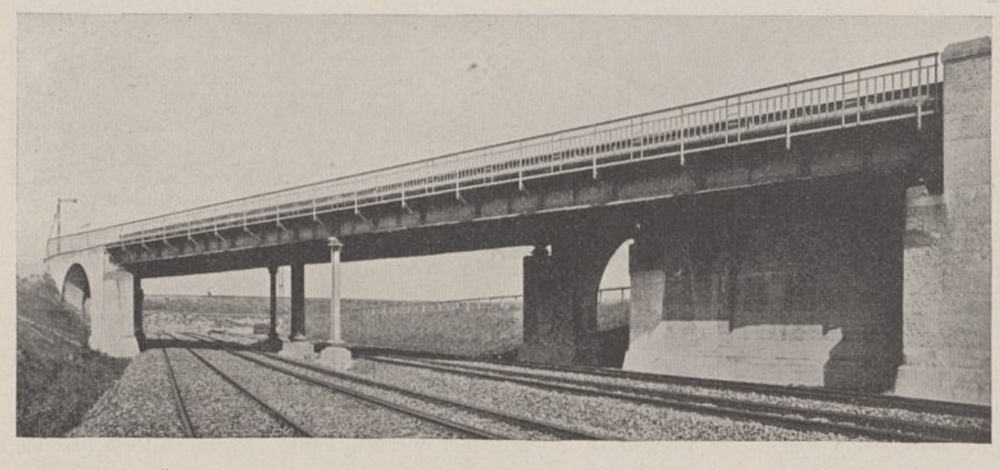


Abb. 6. Überführung der Gütergleise Darmstadt—Kranichstein über die Personengleise Darmstadt—Aschaffenburg und die Gleise der Odenwaldbahn.

Überdachung ist entsprechend der Fensterhöhe des Empfangsgebäudes niedrig gehalten und nur vor dem eigentlichen Fürstenbau mit seitlichen Fenstern hochgezogen, während nach der Gleisseite die Überdachung in einer Schräge, dem Normalprofil entsprechend, hochgeführt ist und so neben der in der wagerechten Kassettendecke angeordneten Glaseindeckung dem Bahnsteig reichlich Licht zuführt.

An Stelle des alten Bahnhofs Darmstadt-Süd ist für die Richtung Darmstadt — Heidelberg östlich der Bahnanlagen und 400 m südlich des Bessunger Weges mit einer neuen Zuwegung von der Bessunger Straße aus der neue Bahnhof Darmstadt-Süd für den Personen-, Gepäck- und Expreßgutverkehr eingerichtet. Außerdem ist an der Frankfurter Straße für die Züge der Richtung Darmstadt — Aschaffenburg und der Odenwaldbahn ein neuer Bahnhof Darmstadt-Nord ebenfalls für Personen-, Gepäck- und Expreßgutverkehr angeordnet. Bei beiden Anlagen sind an den Zugangsstraßen kleinere Empfangsgebäude errichtet, die die Diensträume enthalten, während die Warteräume für das Publikum sich neben dem Personensteg befinden, der vom Empfangsgebäude aus über die Gleise führt und mit seinen Treppenanlagen den Zugang zu den im Einschnitt gelegenen Bahnsteigen bildet.

Anlagen für den Postverkehr. Für die Zwecke des Postdienstes ist nördlich in rund 100 m Entfernung vom Empfangsgebäude und in der Längsausdehnung rechtwinklig dazu, so daß es den Platz vor dem Empfangsgebäude an der Nordseite abschließt, ein besonderes Postamtsgebäude errichtet, welches die Schalter- und Diensträume, Packkammern, Karrenhalle usw. und eine Wohnung des Postdirektors enthält. Von dem Postgebäude führt dann quer über die Gleise ein besonderer eiserner Poststeg, der durch Aufzüge die Verbindung mit dem Postbahnsteig und seinen beiden Postgleisen und den übrigen Gepäckbahnsteigen vermittelt. Das Postamtsgebäude ist von der Postverwaltung selbst ausgeführt, während der Poststeg mit den Aufzügen, der Postbahnsteig mit seiner Überdachung und die Gleisanlagen von der Eisenbahnverwaltung auf Kosten der Reichspostverwaltung geschaffen sind.

Abstellanlagen. An beiden Enden der Bahnsteige und in bequemer Verbindung mit den Bahnsteiggleisen sind Gleise zum Aufstellen von Bereitschaftswagen und Bereitschaftslokomotiven geschaffen. Westlich des Personenbahnhofes und an seine Nordseite schließt sich der Betriebsbahnhof an, in dem die verschiedenen Züge, die in Darmstadt enden, ohne sofort die Rückfahrt anzutreten, aufgestellt werden, und in dem die Anlagen zum Versorgen mit Gas und Wasser, Nachsehen und Reinigen der Wagen sowie die Anlagen zum Neuordnen der Züge errichtet sind.

Anlagen für den Güterverkehr. Auf der Ostseite des Betriebsbahnhofes ist der Ortsgüterbahnhof errichtet, und zwar sind in der Nähe des Personenbahnhofes und in guter Verbindung mit ihm die Anlagen für den Eilgutverkehr, wie Abfertigungsgebäude, Eilgutschuppen, Laderampe und Ladestraße, angeordnet, während die Anlagen für den Frachtgutverkehr mehr nach dem Stadtinnern zu zwischen Dornheimer Weg und Landwehrweg geschaffen sind. Der Ortsgüterbahnhof mit den Abfertigungsstellen, den Schuppen, Überladebühnen, Laderampen, der Rampe für feuergefährliche Gegenstände, den Freiladegleisen nebst Ladestraßen und Lastkranen, Lademasten, Gleiswagen und Lagerplätzen usw. ist so gestaltet, daß die Benutzung einer jeden Anlage möglichst bequem und unabhängig von der Benutzung der übrigen erfolgen kann.

Der Eilgutschuppen hat eine nutzbare Grundfläche von $45 \times 11,76 = 530$ qm und kann auf 750 qm erweitert werden, an ihn schließt sich nach Norden die Eilgutladerampe mit einer Ladelänge von 142 m zur Seitenverladung und drei Stumpfgleisen für Kopfverladung an. Östlich hiervon ist eine zweite Laderampe mit einer Länge von 248 m, drei Stumpfgleisen zur Kopfverladung und einer Grundfläche von rund 6200 qm errichtet. Die zunächst ausgebauten drei langen und eine kurze Freiladestraße haben eine nutzbare Breite von 12 m erhalten und sind mit Reihenpflaster befestigt. Den Verfrachtern stehen an den Ladestraßen rund 1800 m Gleis zur gleichzeitigen Aufstellung von etwa 200 Wagen sowie zwei Drehkrane von 2000 und 7500 kg Tragfähigkeit und ein Bockkran mit 10 000 kg Tragfähigkeit zur Verfügung. Ein weiterer Drehkran von 5000 kg Tragfähigkeit ist auf der 415 qm großen Feuerrampe aufgestellt.

Der Stückgutschuppen hat eine Grundfläche von $190 \times 18 = 3420$ qm erhalten, sein nördlichster Teil ist der Steuerverwaltung als Zollabfertigung und Zollschuppen überwiesen. Nördlich hiervon auf Eisenbahngelände, an der Zufuhrstraße nach den Lagerplätzen, hat die Stadt ein Lagerhaus zur zollfreien Niederlage von Gütern errichtet.

Für die Bedienung der Lagerplätze mit einer Grundfläche von 16 000 qm sind zwei Zufahrtstraßen mit vier Gleisen vorgesehen. Am Schnittpunkt der Weiterstädter Straße mit dem verlegten Landwehrweg ist schließlich die Gerätesammelstelle für den Direktionsbezirk Mainz angeordnet.

Anlagen für den Lokomotivverkehr und Maschinenanlagen. Nördlich des Dornheimer Weges, auf der Westseite des Betriebsbahnhofes und der Hauptein- und Ausfahrtgleise ist die Lokomotiv- und Triebwagenstation mit ihren baulichen und Gleisanlagen hergestellt. Hierbei sind zwei Lokomotivschuppen mit 23 und 9 Ständen nebst zwischengebauter Betriebswerkstätte, zwei Drehscheiben von 20 m Durchmesser, westlich hiervon eine Generatorölgasanstalt mit ihren Nebenanlagen zur Herstellung des Gases für die Beleuchtung der Personen- und Gepäckwagen, nördlich und südlich der Lokomotivschuppen Kohlenlagerplätze nebst Ladebühnen und Ladekranen, Wasserkrane, Reinigungsgruben und Lagerplätze für Asche und Schlacken angeordnet. Auf der Ostseite der Lokomotivschuppen ist ein Dienst- und Aufenthaltsgebäude mit Baderäumen für das Lokomotivpersonal, ein Reiserwellenschuppen mit Aufenthaltsraum für Kohlenladearbeiter, ein Öl- und Petroleumkeller, ein Magazingebäude, eine Wagenbetriebswerkstätte und der Triebwagenschuppen mit der Ladestation und den zugehörigen Gleisen hergestellt.

Werkstättenanlagen. Westlich der Lokomotivstation, zwischen Dornheimer Weg und Pallaswiesenstraße ist der Werkstättenbahnhof mit den Werkstättenanlagen errichtet. Bei Bemessung des Geländes ist darauf Rücksicht genommen, daß an die im östlichen Teil des Werkstättenbahnhofes erbaute Lokomotivwerkstätte später noch nach Westen zu eine Wagenwerkstätte angegliedert werden kann. In der Mittelachse des Ganzen sind die Gebäude errichtet, die dem gemeinsamen Betriebe der beiden Werkstätten dienen, wie Magazingebäude,

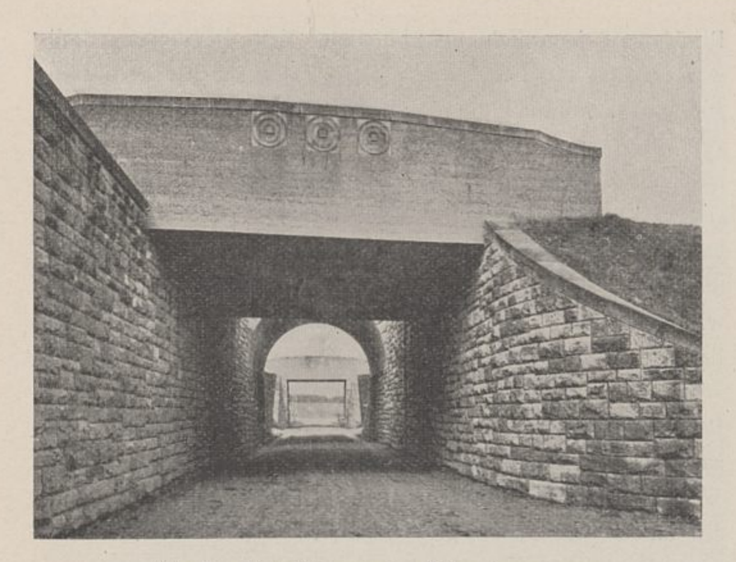


Abb. 7. Unterführung des Pfarrwiesenweges.

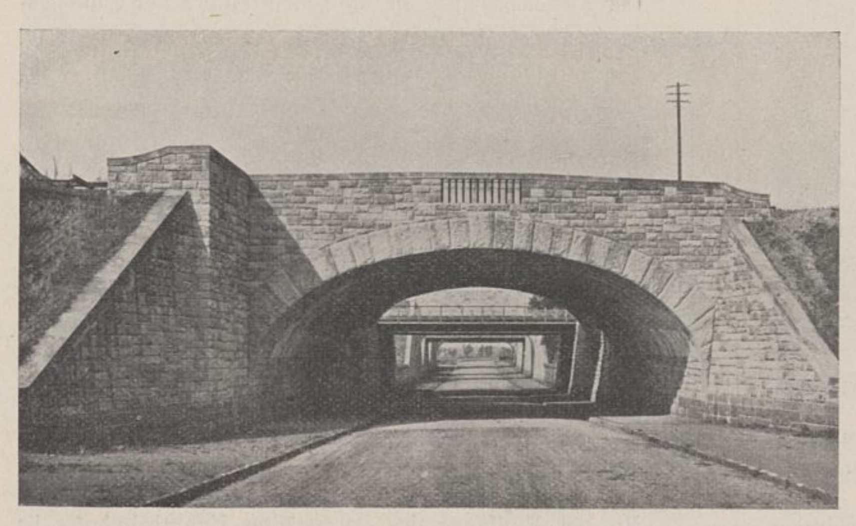


Abb. 8. Unterführung der Gräfenhäuser Straße.



Abb. 9. Überführung einer künftigen Straße bei km 28,4 der Linie Frankfurt—Heidelberg.

Eisenlager, die Schmiede mit ihren Anbauten, Klempnerei, Gelbgießerei und Schreinerei, das Heizkesselhaus und die Abkocherei. Rechtwinklig hierzu steht die eigentliche 92 Stände fassende Lokomotivwerkstätte, die in der Mitte die Dreherei und zu beiden Seiten je zwei Reihen Reparaturstände mit zwischenliegenden Schiebebühnen enthält; nördlich ist ihr die Tenderwerkstätte und südlich die Kesselschmiede angegliedert. Am Dornheimer Weg liegen dann das Werkmeisterwohngebäude, das Arbeiterspeisehaus mit Pförtner- und Wirtswohnung und dem Arbeitereingange gegenüber die Fahrradhalle, das Hauptmagazin, das Verwaltungsgebäude und die Badeanstalt. In dem Dreieck zwischen Dornheimer Weg, Wixhäuserhausschneise und Mittelschneise, am Waldesrande gelegen, ist eine Arbeiterwohnkolonie mit Wohnungen für zunächst 24 Familien errichtet.

Nördlich der Lokomotivwerkstätte an der Pallaswiesenstraße ist eine Weichenwerkstätte und das Oberbaumaterialiensammelmagazin mit ausgedehnten Lagerplätzen und den zugehörenden Gleisanlagen angeordnet.

Gleisanschlüsse. Der Gleisanschluß von dem früheren Main-Neckarbahnhof im westlichen Stadtteil, in der Landwehr- und Weiterstädter Straße mit den Abzweigungen in die dortigen Fabriken ist erhalten geblieben. Seine Verbindung mit dem neuen Güterbahnhofe erfolgt von der Weiterstädter Straße aus, indem das daselbst im nördlichen Straßenteil befindliche Stumpfgleis verlängert und mittels einer Kurve an die auf der Ostseite des Bahnhofs zwischen Pallaswiesen- und Gräfenhäuser Straße angeordnete Übergabegleise angeschlossen ist. Am Westende der Weiterstädter Straße zweigt ein zweites, südliches Stammgleis ab und gewährt dadurch den südlich des Weiterstädter Weges neu errichteten Fabriken und Lagerplätzen Gleisanschlüsse. Die vorhandene Wagenreparaturwerkstätte an der Frankfurter Straße und die in deren Nähe befindlichen Gleisanschlüsse der städtischen Gasanstalt und des Schlacht- und Viehhofes, sowie die Gleisanschlüsse im Blumentalviertel sind durch die Güterbahn Darmstadt—Kranichstein und das daraus bei Blockstelle Löcherwiese abzweigende Anschlußgleis mit den neuen Bahnhofsanlagen wieder verbunden. Schließlich sind im westlichsten Teil des neuen Bahnhofes in der Nähe des Dornheimer Weges noch die zwei Übergabegleise für den Anschluß des neuen Elektrizitätswerks angeordnet, das von der Stadt in dem Waldgelände westlich des Personenbahnhofes und südlich des Dornheimer Weges neu erbaut ist und den Werkstätten unmittelbar gegenüber liegt.

Zur Versorgung des Bahnhofsgebietes mit elektrischem Strome für Beleuchtungs- und Kraftzwecke, mit Preßluft, Gas und Wasser ist ein weitverzweigtes Netz der verschiedenen Leitungen verlegt. Der elektrische Strom wird aus dem neuerbauten städtischen Elektrizitätswerk bezogen und an verschiedenen Übergabestellen aus dem städtischen Leitungsnetz entnommen. Für die Außenbeleuchtung des gesamten Bahnhofsgebietes sind 55 Bogenlampen und 250 Metallfaden- und Metalldrahtlampen mit rund 160000 Gesamtkerzenstärke H. K. aufgestellt.

Wasser, sowohl Trink- wie Gebrauchswasser, liefert auch die Stadt, der Anschluß an das städtische Netz geschieht im Wasserturm am Dornheimer Weg, der einen flußeisernen Doppelwasserbehälter von 2×200 cbm Fassungsraum erhalten hat. Das Gas für die Hauptgebäude wird ebenfalls

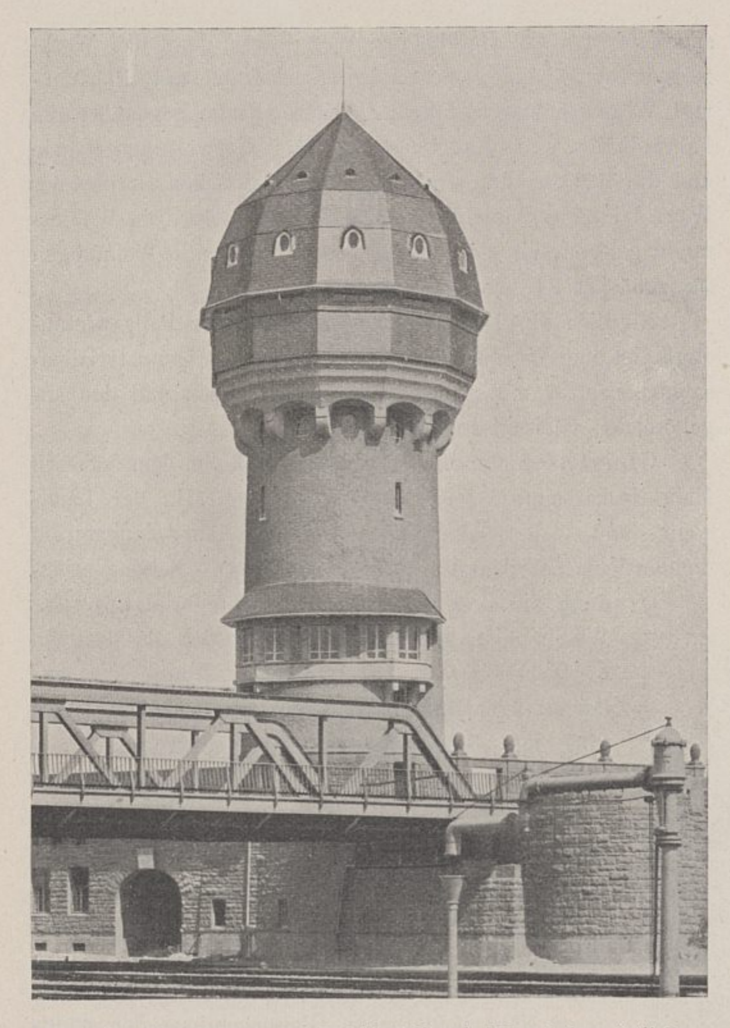


Abb. 10. Wasserturm und Befehlsstellwerk IV auf dem östlichen Widerlager der Überführung des Dornheimer Weges.

von der Stadt bezogen, während das Gas zur Beleuchtung der Eisenbahnwagen usw. der bahnseitig erbauten Ölgasanstalt und die Preßluft den in der Mitte des Bahnhofes im Stellwerk III aufgestellten Preßluftpumpen entnommen wird.

Für die Bedienung der Weichen- und Signalanlagen sind neun Stellwerke errichtet, deren Bezirke im Lageplan Abb. 1 Bl. 51 u. 52 kenntlich gemacht sind. Von diesen neun Stellwerken sind fünf, Stellwerke I bis V, Signal- und Weichenstellwerke, während die übrigen vier nur Weichenverschiebestellwerke sind. Die Stellwerke I und V bis IX sind als mechanische und die Stellwerke II, III und IV als Kraftstellwerke und zwar als elektrisch gesteuerte Luftdruckstellwerke von der Firma Stahmer gebaut, wobei die für die drei Stellwerke gemeinsame Kraftstation mit den Pumpen, die, wie oben gesagt, auch die Preßluft für die Wagenreinigung liefern, im Stellwerk III untergebracht ist. Stellwerk IV — im Wasserturm am Dornheimer Weg gelegen — ist als Befehlsstellwerk ausgebildet (Text-Abb. 10). Ein weitverzweigtes Fernsprechnetz verbindet sämtliche Dienststellen, Weichensteller-Wärterposten usw. miteinander und wird von der im Hauptbahnhof angeordneten, nach den neuesten Erfahrungen gebauten Hauptfernsprechstelle bedient.

Der Kostenanschlag für die Umgestaltung der Bahnhofsanlagen schließt mit der Summe von 17070000 Mark ab, wovon 4200000 Mark auf den Grunderwerb entfallen, während der Kostenanschlag der Lokomotivreparaturwerkstätte 4887000 Mark und der für die Ölgasanstalt 110000 Mark beträgt.

Bauausführung. Mit den Bauarbeiten wurde im Frühjahr 1907 begonnen und zwar wurden zunächst die Arbeiten zur Errichtung der Lokomotivwerkstätte in Angriff genommen, denen im Oktober 1907 die Arbeiten für den Bahnhofsneubau folgten. Die Werkstättenbauten wurden bis zum Sommer 1909 fertiggestellt und im August desselben Jahres in Betrieb genommen. Die neuen Bahnhofsanlagen sind zum 1. Mai 1912 dem Betriebe und Verkehr übergeben worden.

Mit der Eröffnung des Darmstädter Hauptbahnhofes ist das Werk der Umgestaltung der Bahnhofsanlagen in Darmstadt zum Abschluß gebracht, ein Werk, das der Eisenbahnverwaltung bei der Durchführung des Verkehrs und des Betriebes und der Stadt bei ihrer Erweiterung und Fortentwicklung zu großem Vorteil gereichen wird.

Zweigleisige Eisenbahnbrücke über den Rhein unterhalb Duisburg-Ruhrort

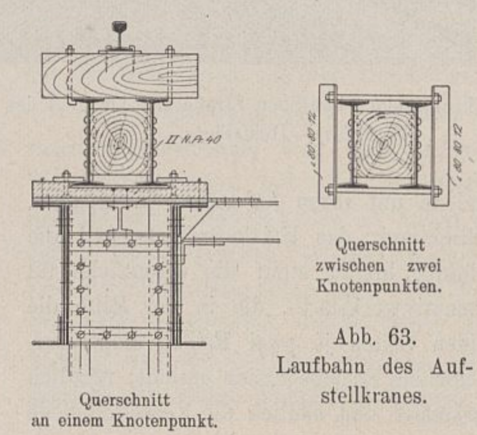
im Zuge der Linie Oberhausen-West — Hohenbudberg.

(Schluß.)

Von Schaper in Duisburg-Ruhrort.

(Mit Abbildungen auf Blatt 53 und 54 im Atlas.)

3. Bau des großen Überbaues. Die beiden Rüstträger wurden dann für die Aufstellung des großen Überbaues fertig hergerichtet. In der Ebene der Untergurtungen der Querträger wurde ein Bretterboden hergestellt, der zum Schutz der unter der Brücke durchfahrenden Schiffe und Dampfer gegen herunterfallende Gegenstände und als Arbeitsboden beim Vernieten des Untergurtfußes, der Fahrbahn und des unteren Windverbandes dienen sollte. Die Bretter lagen auf Balken auf, die auf den abstehenden Schenkeln der unteren Winkel der Querträger ihre Unterstützung fanden (vgl. Abb. 10 Bl. 38). Die beiden Laufbahnen für den Aufstellkran, der bereits zur Errichtung der seitlichen Stromüberbauten gedient hatte, wurden auf den oberen Gurtungen der Rüstträger verlegt, aber nur in den Knotenpunkten durch kleine Stahlgußlager unterstützt (Text-Abb. 63). Jede dieser Bahnen bestand aus zwei



Querschnitt an einem Knotenpunkt. — Querschnitt zwischen zwei Knotenpunkten.

Abb. 63. Laufbahn des Aufstellkranes.



Abb. 64. Hochziehen des Aufstellkranes.

I-Eisen N. P. 40, die mit einem Balken ausgefuttert und durch Winkeleisen und Schrauben in Abständen von rund 2 m und durch Flacheisen, die an die inneren Stegwandungen der I-Eisen genietet waren und in den Balken eingriffen, mit diesem zu einem gegen seitliche Ausbiegungen gesicherten Querschnitt verbunden waren. Als nächste Arbeit folgte das Hochheben des Aufstellkranes von der in Höhe der Untergurtungen des linken seitlichen Überbaues auf dem festen Gerüst liegenden Laufbahn auf die Laufbahn der Rüstträger. Zu diesem Zwecke wurden auf dem festen Gerüst vier kräftige Ständerbäume außerhalb neben den Hauptträgern des seitlichen Überbaues aufgestellt, am oberen Ende durch je drei Drahtseile verankert und in der Mitte gegen die Hauptträger abgesteift (Text-Abb. 64). Dann wurde der Aufstellkran durch vier Flaschenzüge, die an den Spitzen der Ständerbäume befestigt waren, und durch ebensoviel Bauwinden hochgezogen, wobei sein oberer Teil natürlich durch kräftige Drahtseile gegen den seitlichen Überbau und den benachbarten Rüstträger festgelegt wurde. Weiter wurden auf beiden Seiten aus verstrebten Pfosten bestehende Hilfsunterstützungen, die unten neben dem Gerüst aufgestellt waren (Text-Abb. 64), hochgezogen und auf das feste Gerüst abgestützt (Text-Abb. 65). Auf diesen Hilfsunterstützungen wurde dann der Kran abgesetzt und von ihnen aus auf die Laufbahn der Rüstträger geschoben.

Der Kran zum Hochziehen der Eisenteile, die in Kähnen zur Baustelle kamen, lief auf einem innerhalb der rechten Gerüstbrücke neben dem Mittelbock errichteten Holzgerüst. Die Bahn für die Rollwagen, die die hochgezogenen Eisenteile zum Aufstellkran beförderten, lag zunächst auf den Querträgern der Gerüstbrücken, später nach dem Einbau der Fahrbahn des Überbaues auf den Schwellenträgern.

Zur Unterstützung der festen und beweglichen Lager des Überbaues wurden auf den Lagersteinen 1,532 m hohe Stapel aus australischem Hartholz errichtet. Von diesen Stapeln wird später noch bei der Beschreibung der Absenkungsarbeiten die Rede sein. Am 3. August 1911 wurden die festen Lager aufgestellt. Von ihnen aus wurden die unteren Gurtungen vorgestreckt (Text-Abb. 66). Diese kamen wegen ihres großen Gewichtes in zwei Teilen, also jede Wange für sich, zur Baustelle. Dem Vorstrecken der unteren Gurtungen folgte der Einbau der Quer- und Schwellenträger (Text-Abb. 67) und diesen Arbeiten das Aufstellen der Pfosten. Alle Pfosten, die gestoßen waren, kamen in zwei Teilen zur Baustelle und wurden auch in zwei Teilen eingebaut. Sie durchdrangen die zweiteilig ausgebildeten Riegel des oberen Windverbandes der Rüstträger (siehe Abb. 2 Bl. 54). Text-Abb. 68 zeigt in der Mitte die eingebauten unteren Hälften der Pfosten. Alsdann wurden die Diagonalen und die Obergurte zunächst von den festen Lagern bis zur Brückenmitte (Text-Abb. 68) und im weiteren Verlauf von den beweglichen Lagern bis zur Brückenmitte aufgestellt. Dieses Aufstellungsverfahren wurde deshalb gewählt, weil sich der Schluß der Hauptträger in der Mitte durch Senken und Heben der benachbarten Knotenpunkte weit leichter ausführen läßt, als am Brückenende. Die Diagonalen wurden mit Ausnahme der Enddiagonalen in bezug auf ihren Querschnitt in einem Stück angeliefert. Bei den Enddiagonalen war wegen des großen Gewichtes nur die eine der beiden Wangen mit dem Mittelsteg verbunden, die andere Wange wurde für sich angeliefert

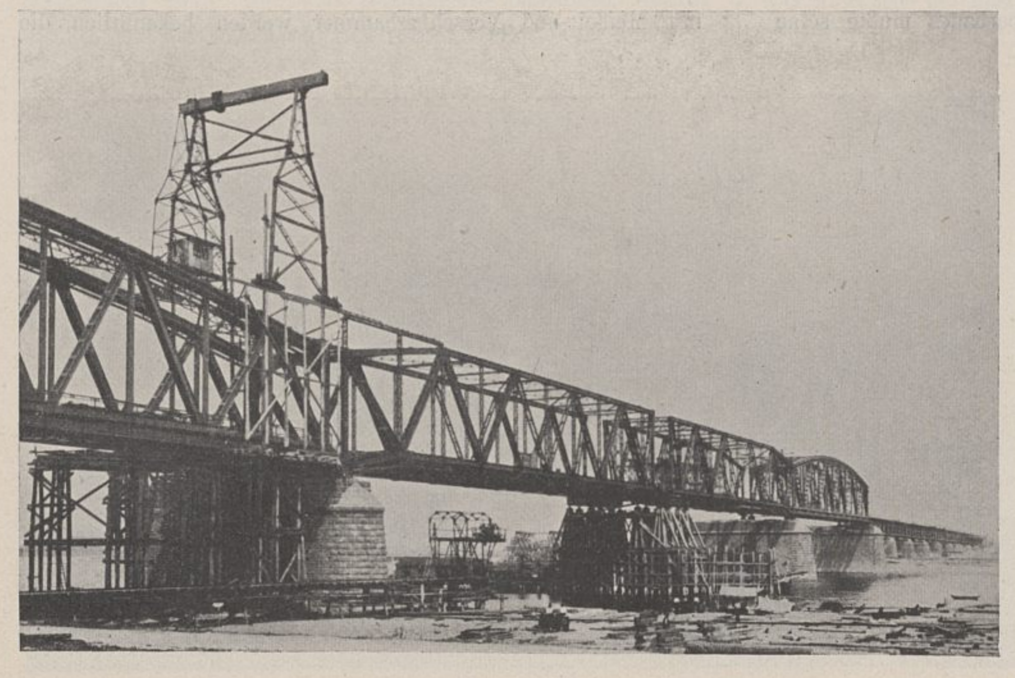


Abb. 65. Hilfsunterstützung des Aufstellkranes.



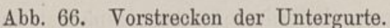


Abb. 66. Vorstrecken der Untergurte.

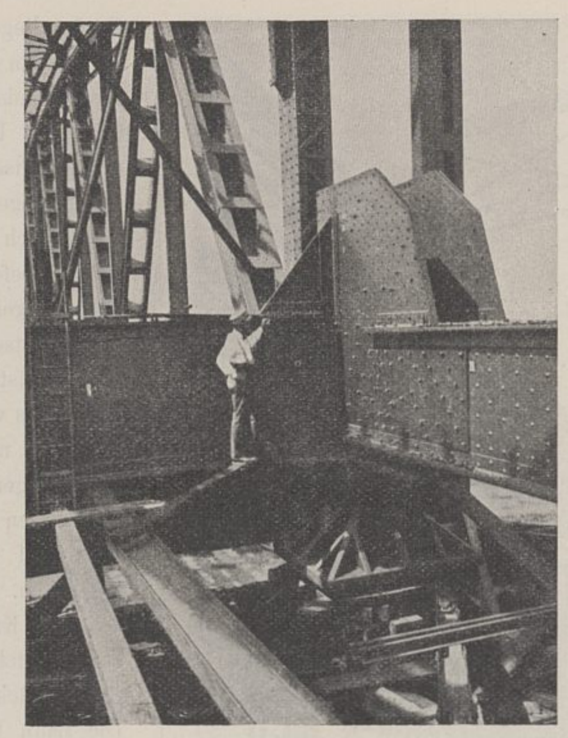


Abb. 67. Der Knotenpunkt über dem festen Lager.

und eingebaut. Trotzdem erreichte das Gewicht der einen Wange und des Mittelsteges zusammen noch die Größe von 17 t. Die Diagonalen ohne Zwischenknotenpunkte kamen in ganzer Länge, die Diagonalen mit Zwischenknotenpunkten in halber Länge zur Baustelle. Die Obergurtstäbe wurden in bezug auf den Querschnitt in drei Teilen angeliefert, und zwar jede der beiden Wangen und der Kopf für sich. Text-Abb. 69 gibt ein Bild von der Größe des ersten Obergurtknotenpunktes. Das schwerste eingebaute Stück war das eben erwähnte der Enddiagonale von 17 t, andere Stücke der Diagonalen und Untergurte erreichten häufig das Gewicht von 15 t. Alle Pfosten, Diagonalen und Obergurtstäbe mußten zum Zwecke des Einbauens vom Aufstellkran über den oberen Windverband der Rüstträger gehoben werden. Zur Verhütung einer Beschädigung dieses wichtigen Bauteiles wurde dabei natürlich mit größter Vorsicht vorgegangen. Während des Zusammenbauens des Überbaues mußte seine Überhöhung, die nach einer Parabel gestaltet werden und in der Mitte 184 mm betragen sollte, täglich nachgemessen und durch Nachstellen der Kopfschrauben, auf denen der Überbau ruhte, geregelt werden, weil die Rüstträger sich unter der vermehrten Last weiter durchbogen. Durch angestrengte Tag- und Nachtarbeit gelang es, die Hauptträger schon am Montag den 9. Oktober zu schließen (Text-Abb. 70). In der Zeit vom 3. August bis 9. Oktober, also in 68 Tagen, waren über 3100 t aufgestellt worden. Text-Abb. 72 zeigt den Überbau mit fertig aufgestellten Hauptträgern, und die Abb. 2 Bl. 54 veranschaulicht einen Blick in den Überbau hinein. Man sieht hier deutlich den oberen Windverband der Rüstträger, in der Mitte die Windportale dieser Träger über dem Mittelbock und im Hintergrunde das Endportal. Die noch fehlenden, auf den oberen Windverband, die Laufbahnen der oberen Besichtigungswagen, die Fahrbahnrandträger usw. entfallenden 700 t wurden dann während der Vernietungsarbeiten eingebaut. Schon während des Zusammenbaues der Hauptträger wurde mit den Bohr- und Nietarbeiten an den Untergurten angefangen. Man konnte dies unbedenklich tun, da der Untergurt für sich schon genau in die beabsichtigte Überhöhung gelegt war und, wie schon erwähnt, durch tägliches Nachmessen und Nachstellen der Kopfschrauben in dieser erhalten wurde. Alle Löcher für die Niete, die auf der Baustelle geschlagen werden mußten, waren ebenso wie bei den seitlichen Stromüberbauten im Werk 3 mm kleiner gebohrt worden und wurden auf der Baustelle nach dem Zusammenbau um dieses Maß durch elektrisch und mittels Druckluft angetriebene Bohrmaschinen aufgebohrt. Zur Vernietung wurden durchweg Drucklufthämmer verwendet. Schlecht geschlagene Niete wurden nicht durch Abschlagen der Köpfe mit Meißel und Vorschlaghammer, sondern durch Abbrennen der Köpfe mittels Sauerstoff und Wasserstoff entfernt. Dies ist sehr zu empfehlen. Bei geringer Übung schon gelingt es, den Kopf ohne die geringste Beschädigung des unter ihm liegenden Eisenteiles abzubrennen. Die Nietlöcher und die benachbarten Niete werden in keiner Weise in Mitleidenschaft gezogen. Durch das Abschlagen der Köpfe mit Meißel und Vorschlaghammer werden bekanntlich die

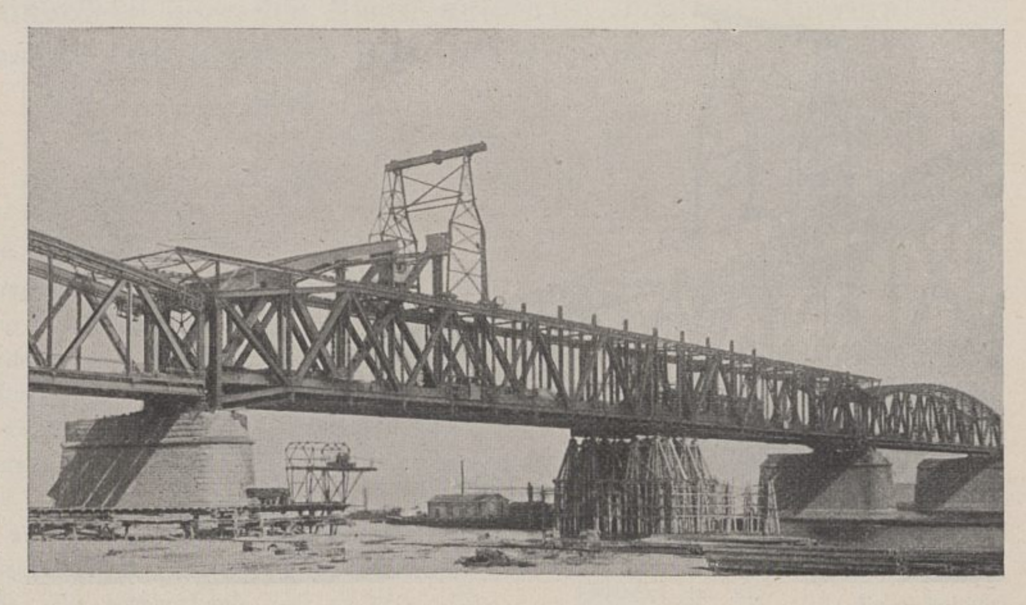


Abb. 68. Aufstellung des großen Stromüberbaues.

Nietlöcher sehr oft oval gestaucht und die benachbarten Niete durch die Erschütterung gelockert. Im ganzen mußten beim mittleren Stromüberbau 155000 Niete auf der Baustelle ge-



Abb. 69. Erster Obergurtknotenpunkt.

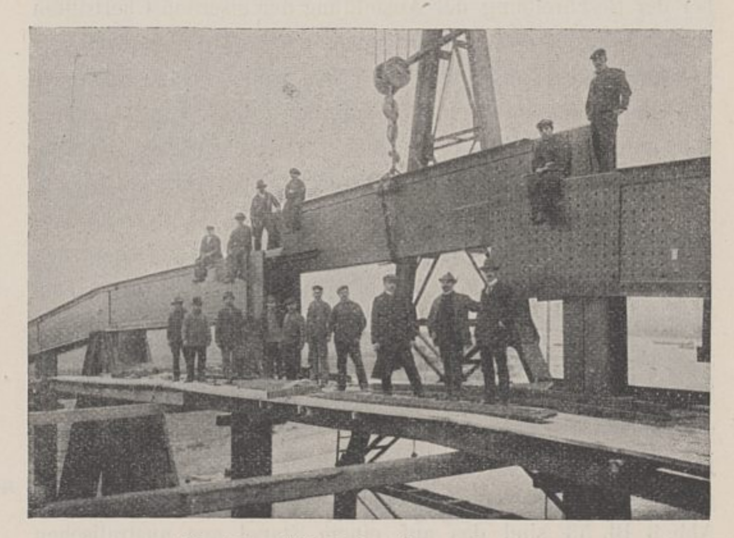


Abb. 70. Schluß der oberen Gurtung.

schlagen werden. Zur Erzeugung der Druckluft von 8 Atm. Spannung zum Betrieb der Niethämmer und Bohrmaschinen und des elektrischen Stromes für die Bohrmaschinen, Krane und die Beleuchtung war außer der bereits bei der Beschreibung der Aufstellungsarbeiten für die seitlichen Stromüberbauten erwähnten schwimmenden Kraftanlage eine feste Kraftanlage auf dem linken Ufer errichtet. In ihr war eine 75 pferdige Lanz-Lokomobile, ein Dynamo und eine Luftpumpe, die in der Minute 8 cbm Luft ansaugte, aufgestellt. Diese beiden Kraftanlagen reichten aus, um gleichzeitig die Krane zu bedienen, 18 Niethämmer und 14 Bohrmaschinen zu treiben und die Baustelle zu erleuchten.

Zur Vernietung der Zwischenknotenpunkte der Diagonalen und der oberen Gurtungen waren besondere Nietrüstungen notwendig. Diese wurden in sehr einfacher Weise an die Pfosten angeklemmt (Text-Abb. 70 und Abb. 2 Bl. 54).

Die Vernietungsarbeiten wären fraglos so gefördert worden, daß der Überbau am Ende der ersten Hälfte des Dezembers 1911 von den Rüstträgern abgehoben werden konnte und der Mittelbock gleich nach Weihnachten aus dem Rhein entfernt war, wenn nicht ganz außergewöhnliche und unerwartete Schwierigkeiten eingetreten wären, die die Fertigstellung des Überbaues bis Ende Januar 1912 hinausschoben.

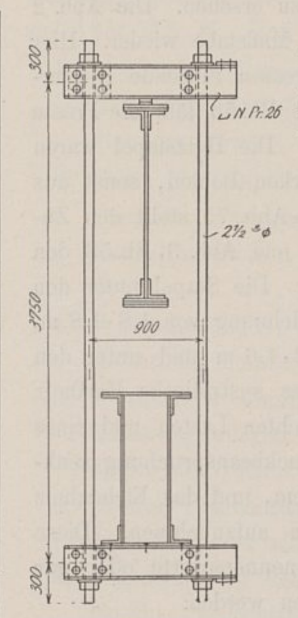


Abb. 71. Vorrichtung zum Aufhängen der Rüstträger an dem Überbau.

Am 26. und 27. Januar 1912 wurde der Überbau durch eine Glyzerinpumpenanlage, von der bei der Beschreibung der Absenkungsarbeiten bald noch eingehend die Rede sein wird, in zwei Hüben von 6 und 11 cm von den Rüstträgern abgehoben und nach Entfernung der Kopfschrauben, auf denen der Überbau geruht hatte, wieder um 11 cm gesenkt. Die Überhöhung, die während der Aufstellungsarbeiten zur Erzielung eines glatten Schlusses des Überbaues von 184 auf 161,5 mm eingeschränkt werden mußte, ging dabei auf 62 mm zurück. Die Durchbiegung betrug also 99,5 mm. Die gehobene und wieder gesenkte Last setzte sich aus dem Eisengewicht des Überbaues und dem Gewicht der Nietrüstung und der Fahrbahn zusammen, sie betrug 4050 t. Die Rüstträger wurden darauf an den Überbau angehängt und zwar durch Hängevorrichtungen, die um die Querträger des Überbaues und der Rüstträger griffen, wie dies die Text-Abb. 71 veranschaulicht. Die Beseitigung des hölzernen Mittelgerüstes nahm fast vier Wochen in Anspruch. Die Rüstträger wurden von zwei niedrigen Auslegern aus, die auf Rollen auf den Obergurten des Überbaues liefen (Text-Abb. 74), abgebrochen. An den vorderen Enden der Ausleger waren Flaschenzüge eingehängt, die von Dampfwinden angetrieben wurden. Die ausgebauten Teile wurden gleich in Schiffe abgelassen. Am 14. März waren die Abbrucharbeiten beendet.



Abb. 72. Fertig aufgestellter, großer Stromüberbau auf den Rüstträgern.

An demselben Tage begannen auch die Arbeiten für das Absenken der Brücke. Die dazu erforderlichen Anlagen waren in den vorhergehenden Tagen errichtet worden. Wie schon bei der Beschreibung der Ausbildung der eisernen Überbauten erwähnt wurde, waren unter jedem der beiden Endquerträger je zwei Stellen und unter jeder der beiden Wandungen der vier Endknotenpunkte je eine weitere Stelle zur Aufnahme von je einem Drittel der Auflagerkraft ausgebildet worden. Unter jedem dieser Punkte wurde eine Glyzerinpresse von 350 t Tragfähigkeit auf Holzstapeln aus scharfkantigen Eichenhölzern aufgestellt (Text-Abb. 75). Der Auflagerdruck wurde also an jedem Überbaulager von drei Pressen aufgenommen.

Damit das Anheben und Absenken des Überbaues vollständig gleichmäßig vor sich ging und damit alle Pressen den gleichen Druck erhielten, wurden alle sechs Pressen jedes Überbauendes an eine gemeinschaftliche Pumpe angeschlossen, die von acht Mann bedient wurde. Aus der Abb. 3 Bl. 53 sind das auf einem Stapel aus australischen Harthölzern liegende bewegliche Auflager und die beiden Pressen unter dem Endknotenpunkt zu ersehen. Die Abb. 2 Bl. 53 gibt diese Pressen in größerem Maßstabe wieder. Hier ist auch die zur Pumpe von den Pressen führende Kupferleitung deutlich zu erkennen. Abb. 1 Bl. 53 läßt die Presse unter dem Endquerträger erkennen. Die Holzstapel waren in den obersten Lagen aus 9 cm starken Bohlen, sonst aus 18 cm hohen Balken gebildet. Text-Abb. 75 stellt den Zustand der Stapel vor dem Absenken und Abb. 3 Bl. 53 den Zustand während des Absenkens dar. Die Stapel unter den Lagern hatten im Grundriß eine Ausdehnung von 1,8 · 1,8 m, unter den Endknotenpunkten von 1,2 · 1,6 m und unter den Endquerträgern von 0,8 · 1,4 m. Das australische Hartholz hatte unter dem Einfluß der senkrechten Lasten und eines Winddruckes von 50 kg/qm eine Druckbeanspruchung senkrecht zur Faserrichtung von 60 kg/qcm, und das Eichenholz eine Beanspruchung von 48 kg/qcm aufzunehmen. Diese hohen Beanspruchungen sind ohne nennenswerte oder gar ängstliche Formänderungen ausgehalten worden.

Die Pressen (Abb. 1 Bl. 53) bestanden aus vier Teilen: dem Druckzylinder, dem Kolben, dem Sicherheitsring und einem auf dem Kolben kugelig gelagerten Teller. Die Dichtung zwischen Zylinder und Kolben wurde durch eine Ledermanschette hergestellt, die einen größten Druck von 570 Atm. aushalten mußte. Die Kolben waren an ihrem unteren Ende 6 cm hoch glatt, im übrigen Teile mit Gewinde für den Sicherheitsring gestaltet. Die höchste zulässige Stellung der Kolben wurde dann erreicht, sobald das untere Ende des Gewindes den Druckzylinder verlassen wollte. In dieser Stellung ragte der Gewindeteil des Kolbens 15,5 cm über den Sicherheitsring hervor. Diese 15,5 cm standen also jedesmal für das Absenken zur Verfügung. Hiervon wurden 4 cm für das Zusammenpressen der Stapel unter den Pressen und für die Ausdehnung der Stapel unter den Lagern verbraucht und 2 cm waren nötig, um die Pressen für das Umbauen der Stapel anheben zu können. Die Brücke konnte also jedesmal nur 9 cm gesenkt werden. Bei jedem Senken spielten sich folgende Vorgänge ab: Die Kolben wurden so weit gehoben, daß ihr Gewindeteil 11 cm über den Sicherheitsring hervorragte. In dieser Stellung wurden sie durch Vermittlung von dünnen Flacheisen zur Anlage an den Überbau gebracht. Alsdann wurden die Pressen von der Pumpe aus so weit und solange unter Druck gesetzt, bis die Balkenlage unter den Lagern frei wurde. Bestand diese Balkenlage aus 18 cm hohen Hölzern, so wurde sie entfernt und durch eine Bohlenlage von 9 cm Stärke ersetzt. Bestand sie aus 9 cm starken Bohlen, so wurden diese einfach herausgenommen. Nun wurde der Druck aus den Pressen abgelassen. Der Überbau senkte sich mit den zu einem Ganzen zusammengeschlossenen Lagerteilen (vgl. Seite 93 d. Z.) und setzte sich auf die umgebauten Holzstapel auf. Die Pressen wurden dann samt ihren Unterlagsplatten durch Kettenzüge von dem Überbau aus so weit angehoben, daß die oberste Balkenlage ihrer Stapel entfernt werden konnte. Die Pressen wurden schließlich um 9 cm gesenkt. Das Spiel begann nun von neuem. Beim Abheben des Überbaues von den Stapeln unter den Lagern wurden die Sicherheitsringe stets nachgedreht und beim Senken wurden sie so geführt, daß zwischen ihnen und den Zylindern nur ein geringer Spielraum von 3 — 4 mm blieb. Wie notwendig die Beachtung dieser Vorsichtsmaßregel ist, zeigte sich bei einem Anheben. Als der Druck in den Pressen seinen größten Wert erreicht hatte, platzte plötzlich eine Ledermanschette. Durch den großen Verlust an Glyzerin ging der Druck fast plötzlich in allen Pressen auf 0 herunter.

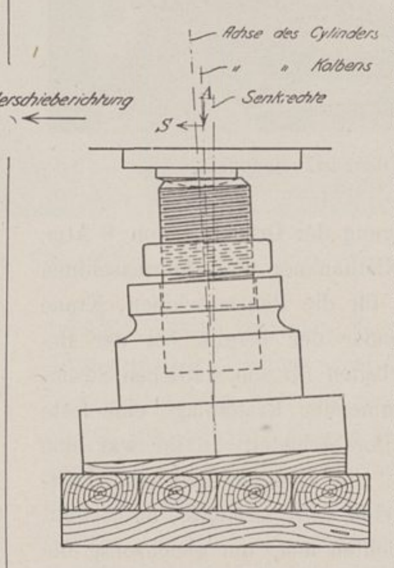


Abb. 73. Schräggestellte Presse zum seitlichen Verschieben des Überbaues.

Wären die Sicherheitsringe nicht angezogen gewesen, so hätte der Überbau einen sehr heftigen Stoß erhalten. Dies Ereignis brachte den Absenkungsarbeiten einen dreitägigen Aufenthalt. Nachdem die beschädigte Presse von der Pumpe abgekuppelt war und neben ihr zwei von Hand bediente Pressen eingebaut waren, wurde der Überbau so weit gehoben, daß die beschädigte Presse ausgebaut und ausgebessert werden konnte. Die Überbauenden wurden immer abwechselnd um zweimal 9 cm gesenkt. Dabei wurden beim Senken der festen Lager die Pressen an den beweglichen Lagern unter einen Druck von 300 Atm. gesetzt und hier die Sicherheitsringe fest angedreht, um die etwa auftretenden Längskräfte hier aufnehmen zu können und die Kolben der Pressen mit den gelüfteten Ringen auf der in Senkung begriffenen Seite von ihnen zu entlasten. Die Absenkungsarbeiten dauerten einschließlich des erwähnten dreitägigen Aufenthaltes vom 14. bis 21. März. Während des Absenkens wanderte der Überbau, wohl infolge des sehr heftigen Windes, der während der ganzen Zeit des Absenkens herrschte, und infolge anderer Ursachen, die in geringen Abweichungen der Stellung der Pressen von der Senkrechten und in geringen Höhenunterschieden der verschiedenen Holzstapel zu suchen waren, 8 cm stromab. Um dieses Maß wurde der Überbau, bevor die letzte Lage über den Lagersteinen entfernt wurde, durch ein sehr einfaches Verfahren wieder stromauf geschoben. Die Unterlagsplatten der Pressen

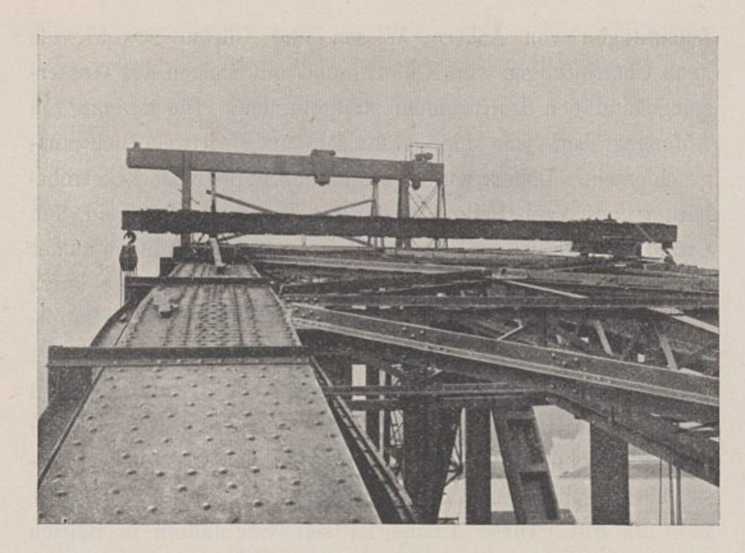


Abb. 74. Ausleger zum Abbrechen der Rüstträger.

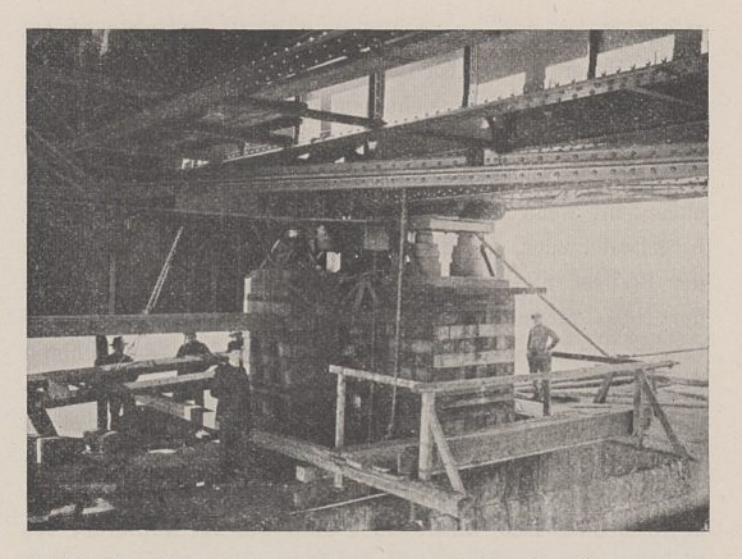


Abb. 75. Glyzerinpressenanlage zum Absenken des Überbaues.

wurden auf Holzkeile mit einem Anzug von rd. 1:16 gestellt (Text-Abb. 73), die Kolben, die in den Zylindern um ein geringes Maß pendeln können, mit gelüfteten Sicherheitsringen in die höchste zulässige Stellung gebracht und entgegen der Verschieberichtung etwas aus der Achse der Zylinder gedrückt. Die Pressen wurden darauf unter Druck gesetzt. Sobald der Überbau sich von seiner Unterlage abheben wollte, pendelten die Kolben infolge der Seitenkraft S (siehe die Text-Abb. 73) aus ihrer Lage zur Achse der Zylinder in die entgegengesetzte Lage. Die Überbaulager schleiften dabei über ihre Unterlage und verschoben sich um 1,5—2 cm. Sobald der Druck dann abgelassen war, wurden die Kolben in die erste Stellung gebracht und der Vorgang wiederholte sich. Diese Arbeiten nahmen nur einige Stunden in Anspruch. Am 22. März ruhte der Überbau auf den Lagersteinen in seiner endgültigen Lage. Damit war der schwierigste und gefahrvollste Bauabschnitt, die Aufstellung des großen Stromüberbaues glücklich zu Ende geführt. Die Brückenbauanstalt Hein, Lehmann u. Ko. entledigte sich dieser großen Aufgabe in anerkennenswerter und musterhafter Weise. Die Güte der Werkstattarbeiten wetteiferte mit der Schnelligkeit und Sicherheit der Aufstellungsarbeiten. Die Abb. 1 Bl. 54 zeigt die fertigen drei Stromüberbauten und die Abb. 3 Bl. 54 gibt einen Blick in den fertigen großen Stromüberbau wieder.

V. Kosten der Brücke.

Die Kosten der Brücke belaufen sich ausschließlich der Aufwendungen für den Grunderwerb und für den Oberbau auf 4 640 743 *M*. Von dieser Summe entfallen auf:

1.	Vorarbeiten (Vermessungen, Peilungen, Baugrunduntersuchungen, Flurentschädigungen usw.)	14 997 *M*
2.	Pacht für Bauplätze	4 524 „
3.	Baustoffuntersuchungen (Betonpresse, Betondruckproben, chemische Analysen usw.)	6 962 „
4.	Wahrschaudienst, Schleppdampfer und Sicherheitsdampfer für den Mittelbock	110 222 „
5.	Unterbauten einschl. Senkkästen und Sicherungsanlagen gegen das Unterspülen der Pfeiler	2 010 105 „
6.	Eiserne Überbauten	1 973 459 „
7.	Abdeckung der eisernen Überbauten .	179 411 „
8.	Abgrabung auf dem rechten Rheinufer einschl. Entschädigung der Grundbesitzer	332 943 „
9.	Frachtkosten	8 120 „
	Summe	4 640 743 *M*.

Beseitigung und Verhütung von Durchfeuchtungen tiefer gelegener Grundstücke in der Nähe von Rieselfeldern.

(Mit Abbildungen auf Blatt 55 im Atlas.)

Bekanntlich ist die Verteilung des Grundwassers im Erdinnern eine sehr mannigfache. Es tritt ebenso, wie das Oberflächenwasser, in Gestalt von Wasserläufen und Wasserbecken auf, je nach der Gestaltung der Oberfläche der undurchlässigen, wasserleitenden aus Ton oder Fels gebildeten Schicht. Sofern diese in größerer Tiefe gebettet ist oder aber mehr in der Nähe der Erdoberfläche sich ausbreitet, ist ihre Lage mehr oder weniger von Bedeutung bei der Anlage von Rieselfeldern bezüglich des zu wählenden Geländes und seiner Umgebung. Man wird deshalb nicht ohne weiteres ein Stück Land zur Einrichtung als Rieselfeld in Aussicht nehmen, weil es, für die Sauerstoffaufnahme geeignet, ein passendes Filtergut enthält und genügenden Abfluß für das in Sickerwasser umgesetzte Rieselwasser gewährleistet. Vielmehr wird man auch in Erwägung zu ziehen haben, ob nicht die Möglichkeit vorliegt, daß später das um das Sickerwasser vermehrte Grundwasser im Nachbargebiet auf seinem Wege nach dem nächsten Vorfluter mit der Zeit einen so hohen Stand einnehmen könnte, daß Versumpfungen von Äckern, Wiesen und Gärten sowie Durchfeuchtungen,

Unterspülungen von Gebäuden usw. die unausbleibliche Folge sind. Daher werden bei den Vorarbeiten für die Anlage von Rieselfeldern die Untersuchungen der geognostischen Beschaffenheit des Bodens sich nicht allein auf das für Berieselung bestimmte Grundstück zu erstrecken haben. Man wird noch außerdem, wenn irgend tunlich, ringsherum auf dem Nachbargelände, oder, da dies meistens infolge des Widerstandes der Besitzer nicht durchführbar ist, wenigstens auf den in der Nähe vorbeiführenden Wegen Bohrungen und Beobachtungen der Grundwasserstände vorzunehmen haben. Führen nun diese Bohrversuche, die zweckmäßig durch Schichtenlinien zu Papier zu bringen sind, zu dem Ergebnis, daß die Oberfläche der undurchlässigen Schicht eine zusammenhängende, einigermaßen gegen den Horizont geneigte Fläche in ausreichender Tiefe bildet, so können die zur Abführung des Sickerwassers anzulegenden Entwässerungsgräben innerhalb des Rieselfeldes in dieselbe mit Gefälle eingeschnitten werden, und ist genügend Vorflut nach dem nächsten Bach oder Fluß vorhanden, dann können bei regelrechter Anlage der Rieselfelder irgendwelche nachteilige Folgen durch das Rieselwasser für die Nachbarschaft nicht entstehen.

Größte Vorsicht ist dagegen geboten, wenn die unterirdische wasserleitende Schicht sehr zerklüftet, von zahlreichen Sandbänken durchsetzt, bald in größerer, bald in geringerer Tiefe gelagert ist und in der Umgebung stellenweise bis dicht unter die Erdoberfläche steigt oder sogar die oberste Erdschicht schneidet. Falls man sich wegen ganz besonderer Vorzüge des Bodens und in Ermanglung sonstiger geeigneter Grundstücke aus wirtschaftlichen Gründen dennoch zur Einrichtung eines solchen Geländes für den Rieselbetrieb entschließt, so wird trotz des Vorhandenseins der notwendigen Anzahl von Entwässerungsgräben, selbst mit befestigter Sohle, früher oder später je nach dem Querschnitt und der Beschaffenheit des Wasserträgers, der wasserführenden Schicht, und der Größe der Geschwindigkeit des durch den verstärkten Zufluß vermehrten Grundwassers nicht zu vermeiden sein, daß die im Nachbargelände vorhandenen Wasserläufe und Wasserbecken allmählich eine größere Wassermenge aufweisen und daß tief gelegene, aber bisher stets trockene Stellen von unten her naß werden. Die natürliche Folge davon können schwere Schädigungen des an die Rieselfelder angrenzenden Gebietes durch andauernde Durchfeuchtung in wirtschaftlicher und gesundheitlicher Hinsicht sein.

Gegen derartige mißliche Grundwasserverhältnisse, die verschiedentlich in der Nähe von neu angelegten städtischen Rieselfeldern aufgetreten sind, zur Geltendmachung erheblicher Schadenersatzansprüche und zu langwierigen Rechtsstreitigkeiten geführt haben, hat man teils durch Einschneiden tiefer Abfangegräben in das Erdreich, teils durch besondere Drainageanlagen und andere kostspielige Maßnahmen Abhilfe zu schaffen versucht und auch gefunden.

Ein sehr einfaches und weniger kostspieliges Hilfsmittel zur Beseitigung und dauernden Verhütung solcher Übelstände, die in ursächlichem Zusammenhange mit der Aufbringung von städtischen Abwässern auf Rieselfelder stehen, ist im Jahre 1908 bei den Liegnitzer Rieselfeldern zur Anwendung gelangt. Hier hatten auch unterhalb eines neu eingerichteten Teiles auf tiefer gelegenen Ländereien im Südwesten und in einer im Westen gelegenen Ortschaft an vereinzelten Stellen Durchfeuchtungen von Äckern, Wiesen und Gärten sowohl, als auch Überflutungen von Kellern, und ein Steigen des Wasserspiegels in den Dorfbrunnen stattgefunden. Die Anlage von Abfangegräben war hier technisch und wirtschaftlich ausgeschlossen. Daher wurde an deren Stelle eine Sickerrohrleitung auf drei Seiten um das Rieselgrundstück in den Grundwasserträger quer zu den Grundwasserströmungen an der westlichen, südlichen und zur Vorsicht noch auf eine kurze Strecke an der östlichen Grenze unter die Sohle des Hauptentwässerungsgrabens verlegt, und zwar in ihrem oberen Teile auf und teilweise in die Tonschicht, in dem weiteren Verlauf aber mitten in die bis zu 14 m mächtige, wasserführende Sand- und Kiesschicht in Höhe des vor der Einrichtung beobachteten mittleren Grundwasserstandes (Abb. 1 u. 2 Bl. 55). Diese Anlage ist seit vier Jahren in Betrieb und hat sich durchaus bewährt. Schon kurze Zeit nach ihrer Fertigstellung im Jahre 1908 konnte während des regelmäßigen Rieselbetriebes ein stetiges Zurückweichen der Grundwasserwelle aus den beschädigten Grundstücken von Tag zu Tag deutlich wahrgenommen werden, bis schließlich nach zwei Monaten die Nässe vollständig verschwunden war und wieder dieselben Grundwasserverhältnisse zurückkehrten, wie sie vor der Einrichtung des früher als Exerzierplatz dienenden Geländes bestanden hatten.

Die Wirksamkeit dieser Sickerrohrleitung setzt voraus, daß die Eintrittsgeschwindigkeit der in diese eintretenden Wasserfäden größer ist, als die beobachtete größte Geschwindigkeit des mit Sickerwasser vermischten Grundwassers innerhalb der Grenzen des Rieselfeldes. Der Beweis für die Wirkung ist durch Beobachtungen erbracht worden. Abgesehen von dem vollständigen Aufhören der oben erwähnten Überschwemmungen in dem Nachbargebiet, konnte durch eine als kleines Wehr mit vollständigem Überfall ausgebildete Meßvorrichtung an der Ausmündung der Sickerrohrleitung zahlenmäßig nachgewiesen werden, daß das dem Grundwasser durch das Filtergut des Rieselfeldes zugeführte überschüssige Sickerwasser nicht mehr, wie vordem, das Rieselfeld verläßt und auf fremdes Gebiet übertritt, sondern in die Sickerrohrleitung strömt, von wo es nach dem Vorfluter abmündet.

Für die Bestimmung der Abmessungen und der Lage dieser Sickerrohrleitung, im besonderen für die Wahl der Weite der Rohre, der Größe und Anzahl der Schlitze für die Eintauchtiefe und das Gefälle der Leitung war maßgebend die durch Verdunstung und Aufsaugung durch die Pflanzen um einen gewissen Bruchteil verminderte Rieselwassermenge. Die Länge der Leitung beträgt bei Gefällen von durchschnittlich 1:45 bis 1:2000 1180,45 m, von denen eine Strecke von 1118,25 m einen Durchmesser von 0,5 m erhalten hat, während der übrige Teil aus 0,4 m weiten Rohren besteht (Abb. 1 u. 2 Bl. 55). Ihre untere Mantelhälfte ist vollwandig, die obere dagegen mit 18 Schlitzen in sieben Reihen für 1 m Länge versehen (Abb. 3 bis 5 Bl. 55). Die Schlitze sind an der äußeren Rohrwandung 1 cm und an der inneren 2 cm weit, um ihre Versetzung mit Sand und anderen Sinkstoffen zu verhindern, im übrigen 12 cm lang. Die mit Zementmörtel 1:3 gedichteten Rohre sind mit einer 0,5 m breiten und 2 m hohen Schicht von Findlingen kleinerer Korngröße umschüttet, um durch diese Erweiterung der Poren des Grundwasserträgers über den Schlitzen der Leitung den

Eintritt des Sickerwassers zu erleichtern. Für Reinigung und Beobachtung der Betriebsfähigkeit der Leitung sind 19 Einsteigebrunnen aus Stampfbetonringen mit den üblichen Steigeisen und Sandfängen eingeschaltet. Acht Stück von diesen dienen außerdem noch dem Zwecke, das aus den Sammlern der Drainage abströmende, durch acht Vorbrunnen von seinen Sinkstoffen vorher befreite Wasser aufzunehmen (Abb. 7 u. 8 Bl. 55). Die Verbindung zwischen diesen Vorbrunnen und den Leitungsbrunnen besteht aus 0,15 m weiten Tonrohren Zur Herbeiführung einer guten Belüftung der Drainstränge und einer vollständigen Durchlüftung der Sickerrohrleitung, ferner zur Erleichterung und Beschleunigung des Saugvorganges sind in sämtlichen Brunnendeckeln durchlochte Blechrohre mit Hauben eingelassen. Die untere Strecke der Rohranlage ist auf eine Länge von 216,5 m vollwandig hergestellt, um den Wasserstand in den in der Nähe befindlichen Dorfbrunnen nicht zu beeinflussen. Diese Anordnung vollwandiger Rohre konnte ohne Bedenken auch geschehen, da hier das Grundwasser in seiner Hauptrichtung nicht auf fremdes Gebiet, sondern dem Hauptentwässerungsgraben des alten Rieselfeldes zuströmt. Eine in angemessenen Zeitabschnitten vorzunehmende Reinigung der Sickerrohrleitung, der Vorbrunnen und der kurzen Tonrohrleitungen zwischen den Brunnen ist unerläßlich. Zum Schluß möge noch die Tatsache nicht unerwähnt bleiben, daß der Saugvorgang der Sickerrohrleitung in der Nähe von Schlägen, wo der Rieselbetrieb Ruhepausen erfordert, so lange andauert, bis die, eine Parabelfläche bildende, untere Wasserentnahmegrenze im Wasserträger erreicht ist (Abb. 6 Bl. 55), vgl. auch Handbuch der Ing.-Wissenschaften III. Band 1904, S. 172/73.

Die Kosten der Sickerrohranlage betrugen im ganzen 35036,43 Mark, so daß auf 1 m Länge 29,68 Mark kommen. Mit diesen verhältnismäßig geringen Mitteln sind die Durchfeuchtungen tiefer gelegener Grundstücke in der Nähe der Rieselfelder in kurzer Zeit beseitigt worden, und die Anlage dient nunmehr auch dauernd zur Verhütung des Überströmens überschüssigen, fremden Wassers über die Grenzen der Rieselfelder auf das Nachbargelände.

Liegnitz, Januar 1912.

Molle, Stadtbauinspektor, Regierungsbaumeister a. D.

Versuche über den Reibungswiderstand zwischen strömendem Wasser und Bettsohle.

Von H. Engels in Dresden.

(Mit Abbildungen auf Blatt 56 im Atlas.)

Meine Versuche über den Stoß des fließenden Wassers[1]) auf einzelne kleine, auf wagerechter glatter Gerinnesohle liegende Kügelchen hatten ergeben, daß er proportional ist dem Produkte aus der Wassertiefe in das Gefälle, durch welches Produkt ja auch die beschleunigende Seitenkraft der Schwere ausgedrückt wird, die auf einen auf geneigter Ebene abwärts gleitenden Wasserkörper einwirkt. Gegen die von mir vorgenommene Übertragung dieses Ergebnisses auf die Angriffe, welche die Bettsohle durch die Strömung erfährt, und die ich mit Räumungskraft bezeichnet hatte, läßt sich aber mit Recht einwenden, daß es nicht erlaubt ist, die Größe des Wasserstoßes auf eine lotrechte Fläche ohne weiteres auf eine wagerechte Fläche zu übertragen.

Bei der großen, ja grundlegenden Bedeutung dieser Frage erschien es mir daher erforderlich, die Versuche so anzustellen, daß sie die Einwirkung des strömenden Wassers auf eine wagerechte Fläche ergeben würden. Diese eigenartige Aufgabe ist nun in folgender Weise gelöst worden.

Das zu den Versuchen benutzte Gerinne erhielt die gleiche Ausbildung wie das im Zentralblatt der Bauverwaltung[1]) beschriebene; auch wurde in ähnlicher Weise, wie dort mitgeteilt, die Beruhigung des strömenden Wassers durch Drahtsiebe und durch eine schwimmende, unmittelbar hinter dem Einlaufsieb angebrachte Holztafel bewirkt. In der wagerechten Gerinnesohle befand sich eine rechteckige Aussparung $ABCD$ (Text-Abb. 3 und Abb. 1 Bl. 56) von 504×102 mm Größe, in der eine 487×98 mm große, gleichfalls rechteckige Versuchsplatte p (Text-Abb. 1, 2 und 3) aus 5 mm starkem Zinkblech durch das strömende Wasser in der Längenrichtung des Gerinnes wagerecht bewegt wurde.

Die Ausbildung der eigentlichen Versuchseinrichtung war durch die Forderung bedingt, daß die vom fließenden Wasser im Beharrungszustande auf die Versuchsplatte p ausgeübte Reibung an einer Analysenwage unmittelbar gemessen werden konnte. Die wagerecht wirkende Reibungskraft mußte daher zunächst in eine lotrecht wirkende übergeführt werden. Dies geschah durch Vermittlung eines rechtwinkligen gleichschenkligen Winkelhebels $EFGH$ (Text-Abb. 1 und Abb. 3 Bl. 56), durch den die auf die Platte p wirkende Reibung des strömenden Wassers in einen lotrechten Druck umgesetzt wurde, der bei H die eine Wagschale belastete und deshalb durch Wägung unmittelbar gemessen werden konnte.

Hieraus ergab sich weiter die folgende Anordnung. Auf der Strecke l der Gerinnesohle (Text-Abb. 1) war der hölzerne Boden ersetzt durch eine 5 mm starke Zinkplatte, die den Ausschnitt für die Versuchsplatte p enthielt. Die Versuchsplatte wurde getragen und in wagerechter Richtung geführt durch die lotrechten Schenkel EF, EF des Winkelhebels und durch ein besonderes Gehänge JK, JK. Zu diesem Zwecke waren die Schenkel EF und das Gehänge JK doppelt angeordnet, d. h. es führte rechts und links außerhalb der lotrechten Wände W des Versuchsgerinnes je ein Stab herab. Je zwei dieser Stäbe waren durch je einen Querstab EE und JJ (Text-Abb. 2 und 3) senkrecht zur Längenrichtung des Gerinnes miteinander verbunden. Auf den Querstäben ruhte durch Vermittlung von Achatlagern α, β und γ (Text-Abb. 2 und 3) die Versuchsplatte p.

Um den Ausfluß des Wasser durch den Spalt zwischen der Gerinnesohle und der Grundplatte zu verhindern, mußte

1) Zentralblatt der Bauverwaltung 1908, S. 105 und 677 u. f.

das Versuchsgerinne mit einem Blechkasten M umbaut werden, dessen unterer wagerechter Teil, in dem sich die die Versuchsplatte tragenden Querstäbe bewegten, also stets mit Wasser gefüllt war, während in seinem lotrechten Teilen, in denen die Schenkel EF, EF und die Gehänge JK, JK schwangen, das Wasser stets mit dem jeweiligen Wasserstande im Gerinne sich ausglich.

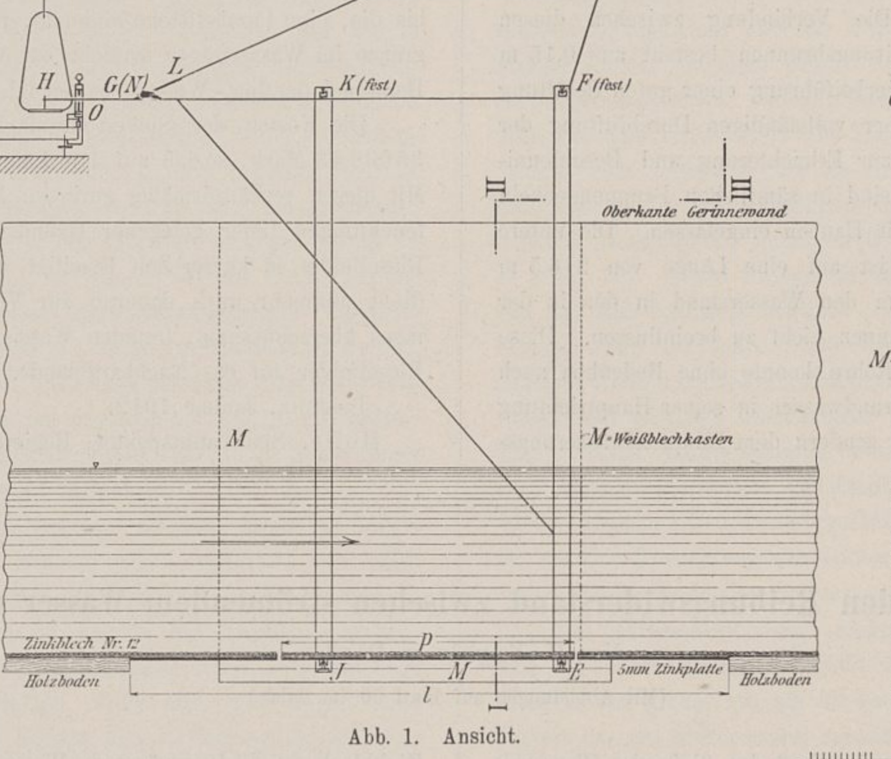


Abb. 1. Ansicht.

Der Winkelhebel und das Gehänge waren gegen das feste Gerinne bei FF und KK abgestützt und ruhten in Achatlagern, durch die das Gewicht der Versuchsplatte p und der lotrechten Stäbe EF, EF und JK, JK mitsamt den Abstützvorrichtungen für die Versuchsplatte p aufgenommen wurde. Das Gewicht der beiden wagerechten Schenkel FG, FG, die auf die Länge NH (Text-Abb. 1) zu einem einzigen Stabe vereinigt waren, und das Gewicht der beiden Streben des Winkelhebels wurden durch das Gegengewicht P (Text-Abb. 1 bis 3) ausgeglichen, das durch das kleine Laufgewicht Q eine sehr gute Ausgleichung ermöglichte, so daß durch das Eigengewicht ein Druck von nur wenigen Grammen auf die Wagschale ausgeübt wurde.

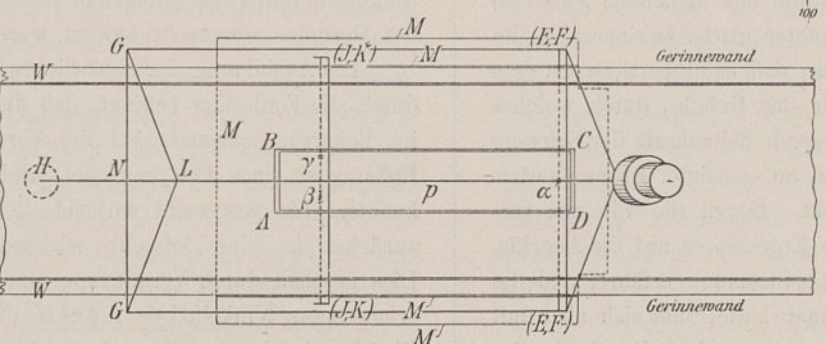


Abb. 3. Oberansicht.

Um die feinen Achatspitzen der Lager F und K beim Einlegen von Platten in das Versuchsgerinne oder bei anderen Arbeiten vor Beschädigungen zu schützten, konnten sie durch den in Text-Abb. 4 und Abb. 3 Bl. 56 ersichtlichen Exzenter R aus den Achatpfannen abgehoben und durch einfache Stahlspitzen auf die Stäbe SS abgestützt werden, während der Ausschlag des wagerechten Schenkels des Winkelhebels und damit die Schwingungslänge der Versuchsplatte p durch eine Klammer bei O durch Stellschrauben mit Elfenbeinspitzen geregelt wurde.

Die Einzelausbildung der Versuchseinrichtung ist in den Abb. 1 bis 3 Bl. 56 ausführlich dargestellt, so daß von einer weiteren Erläuterung derselben abgesehen werden kann.

Abb. 2. Schnitt I II III IV.

Das nur sei noch bemerkt, daß die röhrenförmigen Teile aus 1 mm starkem Messingrohr ausgebildet sind.

Die Versuche selbst sind mit sechs verschiedenen Platten ausgeführt worden. Zu dem Ende wurde auf die Grundplatte p (Text-Abb. 1 u. 2) eine genau 100×500 mm messende, also 500 qcm große rechteckige Platte aus 0,8 mm starkem Zinkblech aufgestiftet. Diese Platte wurde bei der Versuchsgruppe I ohne Geschiebebelag der Strömung ausgesetzt, während bei den weiteren fünf Versuchsgruppen II bis VI die Platten mit folgenden Geschieben belegt waren:

Versuchsgruppen:

II	III	IV	V	VI
$d > 0{,}85$	$1{,}5 < d < 2{,}0$	$2{,}8 < d < 4{,}0$	$6{,}5 < d < 9{,}0$	$9{,}0 < d < 10{,}5$

Mittlere Geschiebegröße, d in mm.

Die den verschiedenen Versuchsgruppen entsprechenden Platten sind in Text-Abb. 5 dargestellt. Die mittleren Dicken der aufgelegten Schichten betrugen bei

II	III	IV	V	VI
1,1	2,4	5,2	7,4	9,5 mm.

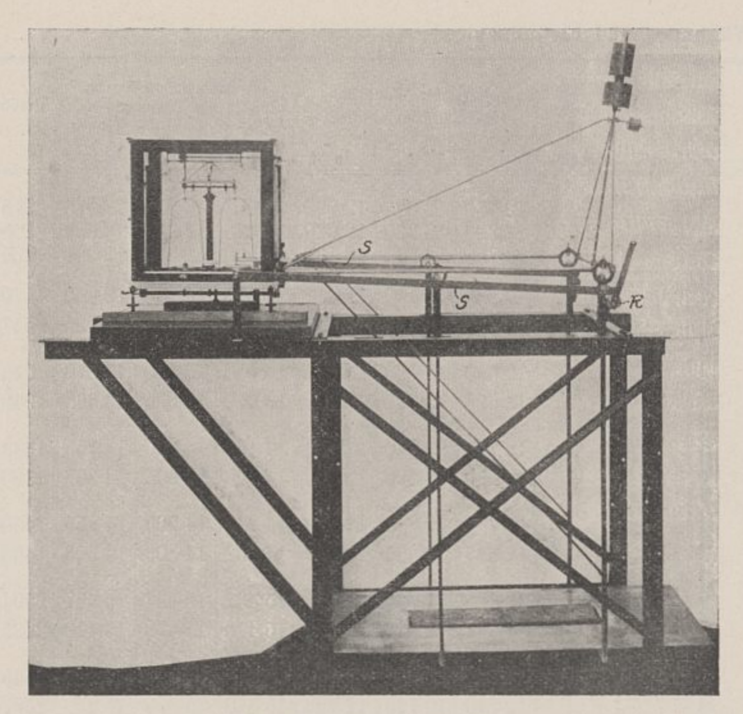


Abb. 4. Versuchsvorrichtung.

In diesen Stärken ist die dünne Haut des Ölfarbenanstriches enthalten, mit dem die Geschiebekörner auf der Zinkplatte festgeklebt wurden. Die Nichtübereinstimmung dieser Schichtstärken mit den angeführten Korngrößen ist darauf zurückzuführen, daß beim Aufkleben der kleinen Sand- und Kieskörner II bis IV an manchen Stellen eine Übereinanderlagerung von Körnern nicht zu vermeiden war.

Entsprechend den jeweilig verwendeten Versuchsplatten wurde bei jeder Versuchsgruppe die feste Sohle des Gerinnes mit gleichartig belegten Blechplatten bedeckt, so daß die Reibungsplatte in keiner Weise über die feste Sohle hervorragte.

Da sich die verschiedenen Rauhigkeiten der Plattenoberflächen, also auch der Gerinnesohle zahlenmäßig am sichersten durch ihren Porengehalt ausdrücken lassen, so wurde dieser in bekannter Weise ermittelt. Er betrug für

die Platte der Versuchsgruppe	I	11,25 vH.
„ „ „ „	II	36,40 „
„ „ „ „	III	37,10 „
„ „ „ „	IV	41,70 „
„ „ „ „	VI	52,80 „
„ „ „ „	V	54,90 „

Die Versuche selbst waren sehr mühsam und erforderten eine große Zahl von Vorversuchen, bevor es gelang, brauchbare Ergebnisse zu erzielen. Für jede einzelne Versuchsgruppe wurden acht verschiedene Messungen, aber unter Wiederholung der gleichen Verhältnisse, durchgeführt, indem für die gleiche Füllhöhe im Gerinne stets die gleiche Schieberstellung am Wassereinlaufe bewirkt wurde. Da der Einlaßschieber stets unter der gleichen Druckhöhe stand, so wurde die gleiche Wasserführung im Gerinne bei den einzelnen Versuchsgruppen erreicht.

Die Füllhöhe und Spiegelgefälle wurden mit zwei der früher beschriebenen[1]) Pegel gemessen und außerdem mit zwei Schwimmpegeln, Bauart Schoßberger[2]), die außerhalb des Versuchsgerinnes in besonderen Behältern schwammen, die mit den beiden Pegelmeßstellen in Verbindung standen. Letztere hatten einen Abstand von 6488 mm. Der obere Pegel befand sich beim Punkte 3,294 m, der untere bei 9,782 m des Versuchsgerinnes, während die Mitte der schwingenden Platte bei 7,517 m lag. Das Einlaufsieb befand sich bei 0 m und die Abflußöffnung bei 14,838 m. Die Pegel wurden bei allen Füllhöhen durch die Wassergleiche der stehenden Wasserfüllung gegeneinander abgewogen.

Die Wage mußte ebenfalls bei stehendem Wasser tariert werden, da sie auch dann durch das Eigengewicht der wagerechten Schenkel und der Schrägstäbe des Winkelhebels belastet wurde. Diese Belastung wechselte aber ständig, wenn auch nur um Hundertstel Gramm oder meistens um noch weniger, je nach der Luftwärme und je nach der Eintauchung oder der Größe des Auftriebes der Schrägstäbe, ja sogar je nachdem die Benetzung der letzteren auch nach dem Austauchen andauerte. Somit mußte für jeden Versuch die Tara festgestellt werden.

Bei einem jeden Versuche wurden zunächst die einzelnen mit Sand- oder Kieskörnern belegten Sohlenplatten sehr vorsichtig eingelegt, um die sehr empfindliche Meßvorrichtung nicht zu beeinflussen. Sodann wurde ganz langsam das Gerinne aus der Wasserleitung mit Wasser bis auf die vorgesehene Höhe angefüllt, um

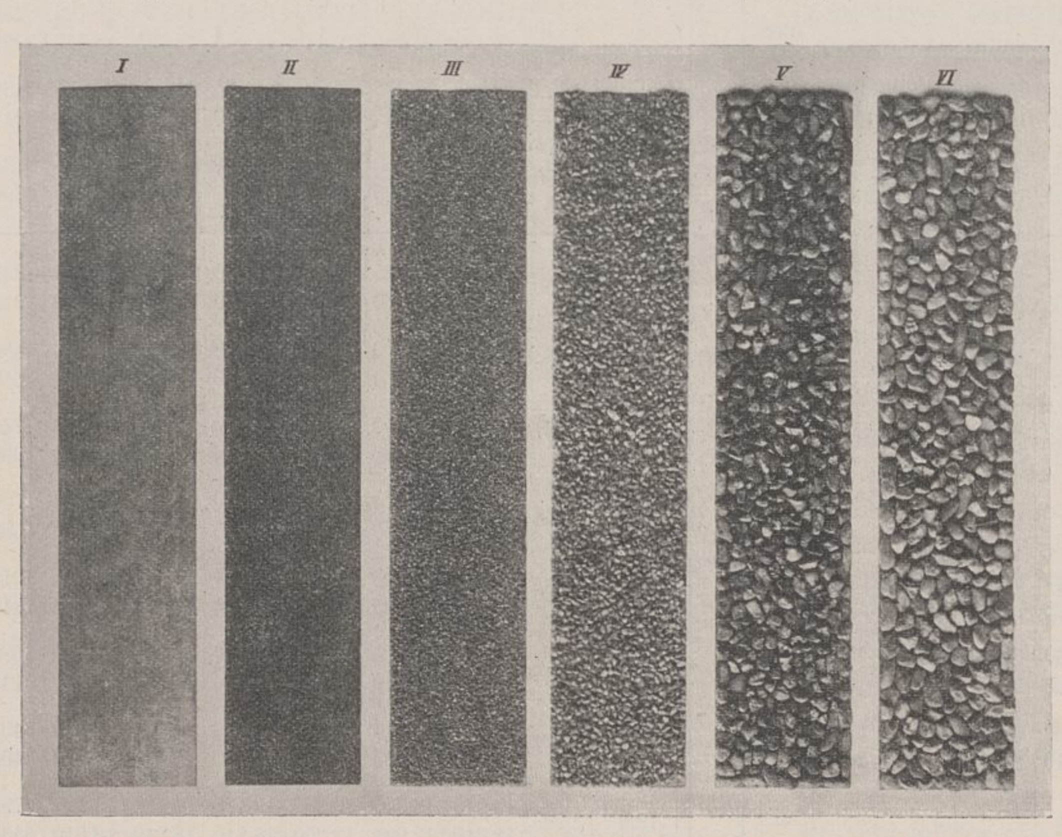


Abb. 5. Versuchsplatten.

2) Österreichische Wochenschrift für den öffentlichen Baudienst, 1909, Heft 34.

Tafel A. Ergebnisse der Wägungen und Eichungen.

Gruppe	Wassertiefe t	Wassermenge Q	Tara der Wage im ruhenden Wasser (mg)			Im strömenden Wasser spielte die Wage ein bei einer Belastung von (mg)			Reibungsgröße (mg)	
	cm	ccm/Sek.	1	2	Mittel	1	2	Mittel		
I	10	2 556	12 755	12 800	12 778	12 910	12 925	12 918	140	**139**
			12 875	12 875	12 875	13 015	13 010	13 013	138	
	40	17 766	12 410	12 470	12 440	12 790	12 795	12 793	353	**344**
			12 470	12 510	12 490	12 830	12 820	12 825	335	
	30	17 671	12 795	12 795	12 795	13 365	13 352	13 359	564	**557**
			12 780	12 770	12 775	13 330	13 320	13 325	550	
	10	6 048	12 781	12 880	12 831	13 467	13 475	13 471	640	**633**
			12 865	12 875	12 870	13 495	13 495	13 495	625	
	20	13 986	12 800	12 856	12 828	13 575	13 610	13 593	765	**781**
			12 875	12 840	12 858	13 655	13 655	13 655	797	
	10	8 442	12 800	12 844	12 822	13 970	13 975	13 973	1151	**1147**
			12 820	12 865	12 843	13 985	13 985	13 985	1142	
	30	27 877	12 795	12 845	12 820	14 210	14 220	14 215	1395	**1358**
			12 810	12 850	12 830	14 130	14 170	14 150	1320	
	13,3	17 386	12 862	12 840	12 851	15 120	15 120	15 120	2269	**2238**
			12 855	12 870	12 863	15 055	15 085	15 070	2207	
II	10	2 556	12 992	13 056	13 024	13 177	13 199	13 188	164	**160**
			12 939	13 015	12 977	13 115	13 149	13 132	155	
	40	17 766	12 548	12 592	12 570	13 002	12 980	12 991	421	**427**
			12 542	12 635	12 589	12 999	13 045	13 022	433	
	30	17 671	12 850	12 880	12 865	13 560	13 540	13 550	685	**667**
			12 880	12 977	12 929	13 549	13 605	13 577	648	
	10	6 048	—	—	—	—	—	—	—	—
			—	—	—	—	—	—	—	
	20	13 986	12 895	13 001	12 948	13 935	13 935	13 935	987	**957**
			13 035	13 003	13 019	13 945	13 945	13 945	926	
	10	8 442	13 056	13 056	13 056	14 351	14 351	14 351	1295	**1368**
			13 015	13 015	13 015	14 455	14 455	14 455	1440	
	30	27 877	12 864	12 905	12 885	14 530	14 560	14 545	1660	**1680**
			12 930	12 892	12 911	14 610	14 610	14 610	1699	
	13,3	17 386	13 004	—	13 004	16 290	16 290	16 290	3286	**3275**
			13 004	12 970	12 987	16 250	16 250	16 250	3263	
III	10	2 556	12 912	12 940	12 926	13 106	13 106	13 106	180	**165**
			12 926	12 908	12 917	13 065	13 067	13 066	149	
	40	17 766	12 450	12 536	12 493	12 969	12 969	12 969	476	**489**
			12 485	12 594	12 539	13 040	13 040	13 040	501	
	30	17 671	12 763	12 835	12 799	13 690	13 696	13 693	894	**880**
			12 830	12 830	12 830	13 695	13 695	13 695	865	
	10	6 048	—	—	—	—	—	—	—	—
			—	—	—	—	—	—	—	
	20	13 986	12 840	12 950	12 895	14 084	14 084	14 084	1189	**1177**
			12 816	12 924	12 870	14 026	14 044	14 035	1165	
	10	8 442	12 872	12 912	12 892	14 860	14 845	14 852	1960	**1964**
			12 940	12 926	12 933	14 900	14 900	14 900	1967	
	30	27 877	12 808	12 864	12 836	15 080	15 070	15 075	2239	**2243**
			12 830	12 816	12 823	15 070	15 070	15 070	2247	
	13,3	17 386	—	—	—	—	—	—	—	—
			—	—	—	—	—	—	—	

Gruppe	Wassertiefe t	Wassermenge Q	Tara der Wage im ruhenden Wasser (mg)			Im strömenden Wasser spielte die Wage ein bei einer Belastung von (mg)			Reibungsgröße (mg)	
	cm	ccm/Sek.	1	2	Mittel	1	2	Mittel		
IV	10	2 556	12 770	12 825	12 798	13 068	13 078	13 073	275	**228**
			12 820	12 820	12 820	13 025	13 025	13 025	205	
			12 750	12 834	12 792	12 990	13 004	12 997	205	
	40	17 766	12 280	12 440	12 360	12 920	12 940	12 930	570	**564**
			12 440	12 435	12 438	12 995	12 995	12 995	557	
	30	17 671	12 690	12 700	12 695	13 610	13 610	13 610	915	**928**
			12 695	12 760	12 728	13 670	13 665	13 668	940	
	10	6 048	12 745	12 840	12 793	14 150	14 160	14 155	1362	**1371**
			12 830	12 820	12 825	14 205	14 205	14 205	1380	
	20	13 986	12 780	12 830	12 805	14 245	14 265	14 255	1450	**1457**
			12 845	12 835	12 840	14 302	14 303	14 303	1463	
	10	8 442	12 825	12 860	12 843	15 437	15 437	15 437	2594	**2615**
			12 834	12 836	12 835	15 470	15 470	15 470	2635	
	30	27 877	12 700	12 710	12 705	15 250	15 250	15 250	2545	**2566**
			12 740	12 725	12 733	15 310	15 330	15 320	2587	
	13,3	17 386	12 860	—	12 860	18 760	—	18 760	5900	**5773**
			12 720	12 740	12 730	18 695	18 200	18 448	5718	
			12 815	12 825	12 820	18 520	18 520	18 520	5700	
V	10	2 556	12 400	12 435	12 418	12 730	12 730	12 730	312	**305**
			12 455	12 470	12 463	12 760	12 760	12 760	297	
	40	17 766	12 030	12 125	12 078	12 725	12 745	12 735	657	**661**
			12 125	12 135	12 130	12 795	12 795	12 795	665	
	30	17 671	12 295	12 445	12 370	13 560	13 580	13 570	1200	**1245**
			12 445	12 425	12 435	13 715	13 735	13 725	1290	
	10	6 048	12 435	12 475	12 455	14 110	14 120	14 115	1660	**1682**
			12 455	12 455	12 455	14 160	14 158	14 159	1704	
	20	13 986	12 360	12 420	12 390	14 230	14 280	14 255	1865	**1880**
			12 425	12 495	12 460	14 350	14 360	14 355	1895	
	10	8 442	12 475	12 470	12 473	15 730	15 720	15 725	3252	**3277**
			12 430	12 455	12 443	15 745	15 745	15 745	3302	
	30	27 877	12 395	12 375	12 385	15 865	15 865	15 865	3480	**3398**
			12 395	12 395	12 395	15 700	15 720	15 710	3315	
	13,3	17 386	12 440	12 450	12 445	19 600	19 550	19 575	7130	**6960**
			12 495	12 495	12 495	19 275	19 295	19 285	6790	
VI	10	2 556	12 265	12 285	12 275	12 620	12 620	12 620	345	**332**
			12 250	12 260	12 255	12 570	12 575	12 573	318	
	40	17 766	11 930	11 970	11 950	12 610	12 610	12 610	660	**658**
			11 970	11 980	11 975	12 630	12 630	12 630	655	
	30	17 671	12 220	12 250	12 235	13 470	13 470	13 470	1235	**1233**
			12 280	12 280	12 280	13 510	13 510	13 510	1230	
	10	6 048	12 270	12 270	12 270	13 970	13 970	13 970	1700	**1690**
			12 250	12 250	12 250	13 930	13 930	13 930	1680	
	20	13 986	12 250	12 290	12 270	14 080	14 090	14 085	1815	**1829**
			12 280	12 295	12 288	14 120	14 140	14 130	1842	
	10	8 442	12 270	12 270	12 270	15 340	15 360	15 350	3080	**3113**
			12 310	12 340	12 325	15 470	15 470	15 470	3145	
	30	27 877	12 250	12 240	12 245	15 650	15 650	15 650	3405	**3403**
			12 280	12 280	12 280	15 680	15 680	15 680	3400	
	13,3	17 386	12 310	12 340	12 325	19 120	19 120	19 120	6795	**6678**
			12 210	12 290	12 250	18 810	18 810	18 810	6560	

Tafel B. Zusammenstellung der Versuchsergebnisse.

Ziffer	Versuchsgruppe: t cm	b cm	F qcm	Q ccm/Sek.	v cm/Sek.	v m/Sek.	I K mg/500 qcm	I K kg/qm	II K mg/500 qcm	II K kg/qm	III K mg/500 qcm	III K kg/qm	IV K mg/500 qcm	IV K kg/qm	V K mg/500 qcm	V K kg/qm	VI K mg/500 qcm	VI K kg/qm
1	10	31,5	315	2 556	8,1	0,081	139	0,00278	160	0,00320	165	0,00330	228	0,00456	305	0,00610	332	0,00664
2	40	31,5	1260	17 766	14,1	0,141	344	0,00688	427	0,00854	489	0,00978	564	0,01128	661	0,01322	658	0,01316
3	30	31,5	945	17 671	18,7	0,187	557	0,01114	667	0,01334	880	0,01760	928	0,01856	1245	0,02490	1233	0,02466
4	10	31,5	315	6 048	19,2	0,192	633	0,01266	—	—	—	—	1371	0,02742	1682	0,03364	1690	0,03380
5	20	31,5	630	13 986	22,2	0,222	781	0,01562	957	0,01914	1177	0,02354	1457	0,02914	1880	0,03760	1829	0,03658
6	10	31,5	315	8 442	26,8	0,268	1141	0,02294	1368	0,02736	1964	0,03928	2615	0,05230	3277	0,06554	3113	0,06226
7	30	31,5	945	27 877	29,5	0,295	1358	0,02716	1680	0,03360	2243	0,04486	2566	0,05132	3398	0,06796	3403	0,06806
8	13,3	31,5	419	17 386	41,5	0,415	2238	0,04476	3275	0,06550	—	—	5773	0,11546	6960	0,13920	6678	0,13356

In vorstehender Tafel bezeichnen:
- t die Wassertiefe,
- b die Querschnittsbreite,
- $F = bt$ die Querschnittsfläche,
- Q die sekundliche Durchflußmenge, durch Eichung bestimmt,
- $v = \frac{Q}{F}$ die mittlere Querschnittsgeschwindigkeit,
- K die gemessene Reibungsgröße zwischen dem strömenden Wasser und der Gerinnesohle.

Schwingungen der stehenden Wassermasse möglichst zu vermeiden und sie schnell zu beruhigen. War die Beruhigung vollständig eingetreten, so wurde von einem an der Wage stehenden Beobachter die Tara bestimmt, indem er die vorher festgestellt gewesene Wage freigab und durch Aufsetzen von Gewichten bis auf Milligramm genau, zum Einspielen brachte und dann wieder feststellte. Hierauf wurden von zwei anderen Beobachtern, von denen der am Pegel I stehende zugleich den Einlaßschieber und der am Pegel II den Abfluß regelte, die Pegel I und II gegeneinander abgewogen. Alsdann wurde ganz langsam der Einlaufschieber auf die für jeden Versuch bereits vorher bestimmte Stellung gebracht und dementsprechend auch der Abfluß mit dem hier befindlichen Zylinderverschluß geregelt. Nachdem der Beharrungszustand des durchfließenden Wassers eingetreten war, was durchschnittlich etwa eine halbe Stunde, bisweilen aber auch eine weit größere Zeit erforderte, und die stehenden Schwingungen in der fließenden Wassermasse verschwunden waren, wurde die Wage für die Messung der Reibung freigegeben. Die Wage konnte hierbei je nach der kleineren oder größeren Durchflußgeschwindigkeit bis auf 10 bis 50 Milligramm genau zum Einspielen gebracht werden. Nunmehr wurde das Wasserspiegelgefälle gemessen, indem die beiden Beobachter an den Pegeln I und II mit den Pegelspitzen genau den kleinen Schwankungen des Wasserspiegels folgten. Auf den Ruf des Beobachters an der Wage wurden diese Pegel festgeklemmt und zunächst die Schoßbergerschen Pegel und dann die festen Pegel abgelesen, weil jene ja den kleineren Schwankungen des Wasserspiegels weiterhin ungehindert folgten. Diese Vorgänge wurden bei jedem Versuche sechzehnmal wiederholt, so daß sich für jeden Versuch das Spiegelgefälle als Mittel aus 32 Ablesungen ergab. Trotz der aufgewendeten Sorgfalt war es leider unmöglich, brauchbare und einwandfreie Gefällemessungen zu erzielen, da der die Pumpe treibende Elektromotor von den Schwankungen im städtischen Betriebsnetze abhängig ist, die zur Zeit der Versuche besonders groß waren. Schließlich wurde nach Abstellung des Wasser-Zu- und Abflusses der Beharrungszustand der ruhenden Wassermasse abgewartet und nochmals die Tara für die gleiche Füllhöhe wie beim Beginne des Versuches bestimmt.

Der Unterschied zwischen der gemittelten Tara am Anfange und Ende des Versuches und dem Gewichte, das die Wage beim strömenden Wasser zum Einspielen gebracht hatte, ergab die Reibungsgröße.

Nachdem so für jede Platte acht Versuche in einer gewissen Reihenfolge durchgeführt waren, wurden sie in umgekehrter Reihenfolge wiederholt. In der Zusammenstellung der Versuchsergebnisse sind die gemessenen Reibungsgrößen sowohl einzeln als auch als Mittel aus diesen beiden Versuchen angegeben. Die Durchflußmengen wurden durch Eichung bestimmt, so daß die mittlere Geschwindigkeit des fließenden Wassers mathematisch genau berechnet werden konnte. Wenn auch die Gerinnesohle wagerecht lag und daher eine beschleunigte Bewegung des Wassers vorhanden war, so waren die Spiegelgefälle doch so klein — selbst bei der größten Geschwindigkeit und Rauhigkeit der Sohle betrug das Gefälle etwa nur 0,001, im Mittel betrug es aber nur etwa 0,0004 —, daß die Durchflußquerschnitte auf der

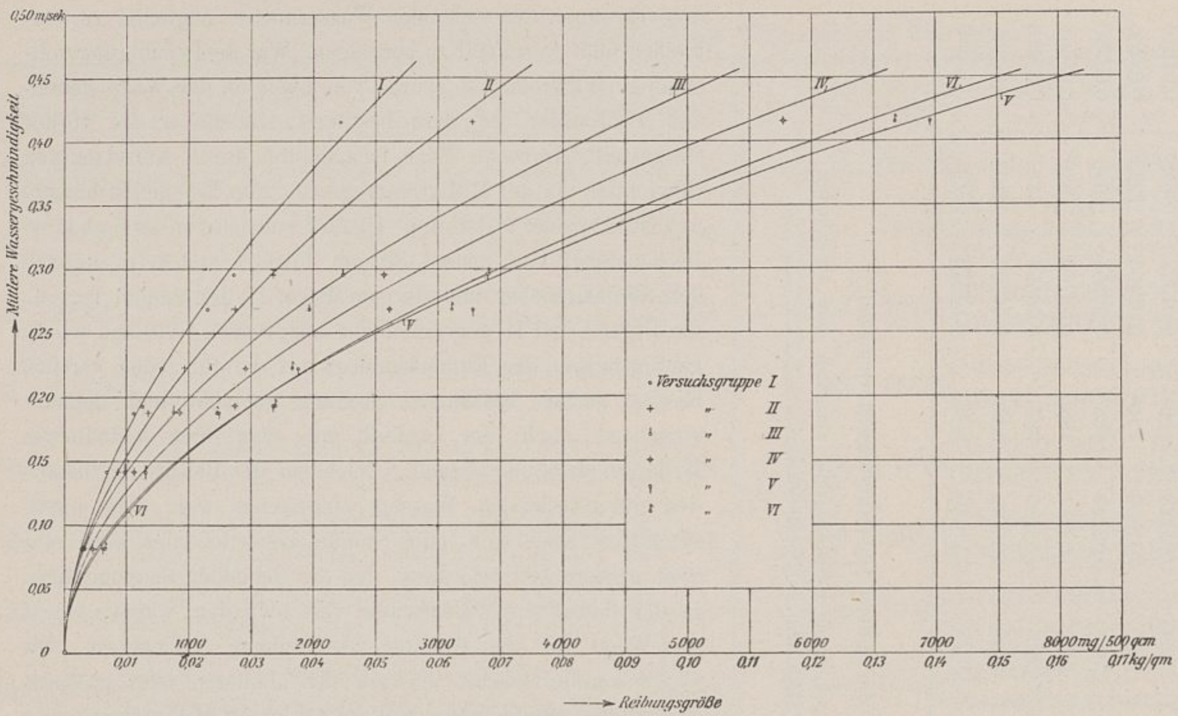


Abb. 6. Kurven nach den Gleichungen $K = a \cdot v^x$.

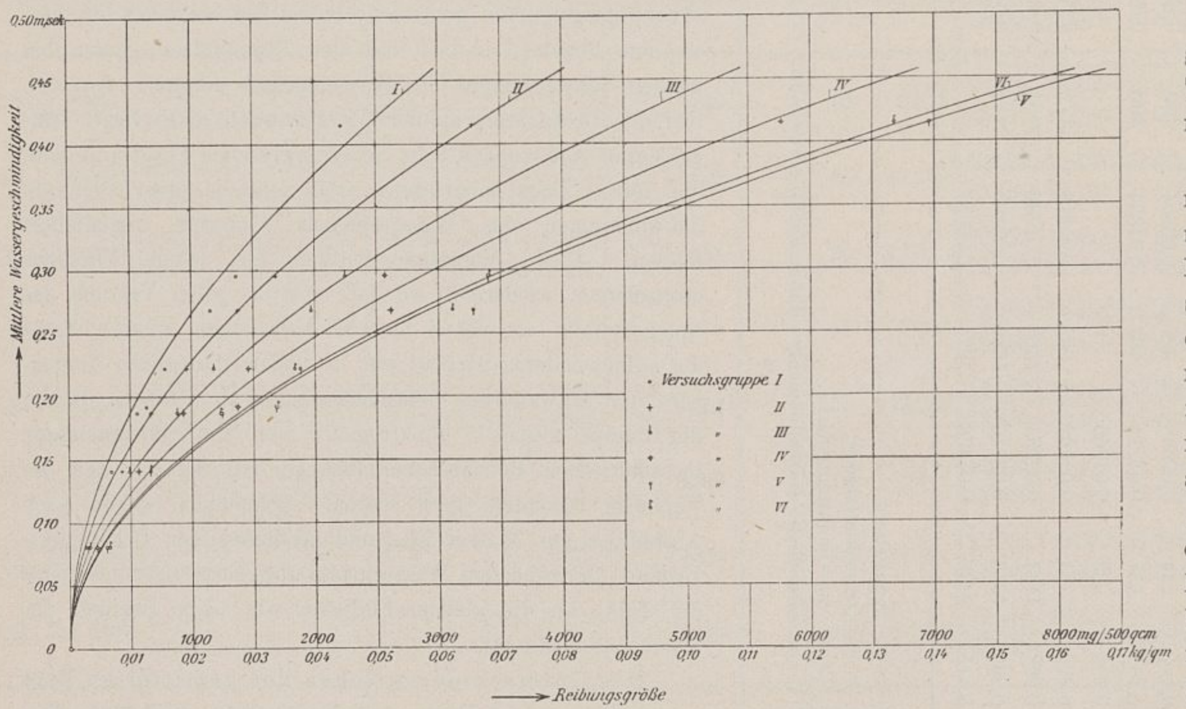


Abb. 7. Kurven nach den Gleichungen $K = a \cdot v^2$.

eigentlichen nur 500 mm langen Versuchsstrecke als einander gleich angesehen werden können, so daß für die Versuchsstrecke unbedenklich gleichförmige Bewegung zugrunde gelegt werden darf.

Die Versuchsergebnisse sind zur Ermittlung der Beziehung zwischen der Sohlenreibung K und der mittleren Geschwindigkeit v des strömenden Wassers so benutzt worden, daß für diese Beziehung

$$K = f(v)$$

einmal eine Gleichung von der Form

$$K = a\,v^x$$

und dann eine Gleichung von der Form

$$K = a\,v^2$$

untersucht wurde, wobei die Größen a und x nach dem Verfahren der kleinsten Quadrate bestimmt wurden. Nach der ersten Form ergaben sich auf diese Weise die folgenden Gleichungen:

Versuchsgruppe	
I:	$K = 0{,}216\,v^{1{,}739}$
II:	$K = 0{,}315\,v^{1{,}843}$
III:	$K = 0{,}537\,v^{2{,}035}$
IV:	$K = 0{,}639\,v^{2{,}004}$
V:	$K = 0{,}783\,v^{1{,}983}$
VI:	$K = 0{,}691\,v^{1{,}908}$

während mit der quadratischen Parabel der zweiten Form die folgenden Gleichungen sich ergaben:

Versuchsgruppe	
I:	$K = 0{,}282\,v^2$
II:	$K = 0{,}382\,v^2$
III:	$K = 0{,}518\,v^2$
IV:	$K = 0{,}658\,v^2$
V:	$K = 0{,}811\,v^2$
VI:	$K = 0{,}786\,v^2$

Beide Gleichungsgruppen sind in den Text-Abb. 6 u. 7 zeichnerisch aufgetragen.

In beiden Fällen nimmt die Größe a zu mit dem zunehmenden Porengehalt der Sohlenschicht, während im ersten Falle der Exponent von v eine gesetzmäßige Veränderlichkeit nicht erkennen läßt, sich aber um den Mittelwert „2" anordnet. Es ist daher die Folgerung erlaubt, daß die Reibungsgröße sich annähernd mit dem Quadrate der mittleren Geschwindigkeit ändert.

Dubuat[3]) hat als Erster den Angriff, den die Flächeneinheit der Bettsohle durch das strömende Wasser unter der Voraussetzung gleichförmiger Bewegung erleidet, durch die Beziehung

$$K = \gamma\, t\, J$$

ausgedrückt, die ja nichts anderes darstellt als die beschleunigende Seitenkraft der Schwere, die auf einen Wasserkörper von 1 qm Grundfläche und t m Höhe einwirkt, der auf einer unter J geneigten Ebene abwärts gleitet. Dubuat begründet die vorstehenden Beziehungen in folgender Weise:

„Es ist noch zu untersuchen, wie man in Gewicht den Widerstand auswerten kann, den das Wasser von seiten seines Bettes erfährt, oder den Angriff der Strömung auf

3) Principes d'hydraulique, Paris 1816. Tome I, S. 97 bis 104.

ihr Bett, damit diese das Bett im Sinne ihrer Bewegung mit sich fortreißen kann, wenn es nicht dem Angriffe vermöge seiner Trägheit widersteht. Es folgt aus der Grundbedingung für die gleichförmige Bewegung, daß, wenn das Wasser sich in einem Bette gleichförmig bewegt, der Gesamtwiderstand, den es daselbst erfährt, gleich ist seiner beschleunigenden Kraft: die beschleunigende Kraft ist aber gleich dem Gewicht der ganzen in Bewegung befindlichen Wassermasse multipliziert mit dem Bruche, der das Gefälle des Bettes ausdrückt."

Dubuat drückt nun, dieser Anschauung entsprechend, die Reibung, „frottement improprement dit", auf die Flächeneinheit der Flußsohle durch das Gewicht eines Wasserkörpers von dem Rauminhalte $t \cdot J$ aus.

In Wirklichkeit treten aber außer der Reibung noch die inneren Bewegungen im strömenden Wasser Beschleunigung verzehrend auf: durch die an der Bettsohle wirkende Reibung wird daher ein um so kleinerer Anteil der Beschleunigung verbraucht, je größer diese inneren Bewegungen sind.

Ist γ das Raumgewicht des Wassers, gleich 1000 kg/cbm, t die Wassertiefe in m,

dann ist 1000 t das Gewicht einer Wassersäule von t m Höhe, in kg/qm.

Bezeichnet ferner J das relative Gefälle, K den Reibungswiderstand, in kg/qm, W_i die Summe der inneren Bewegungswiderstände, in kg/qm, dann muß bei gleichförmiger Bewegung die Bedingung erfüllt werden

$$K + W_i = \gamma t J$$

oder

$$W_i = \gamma t J - K.$$

Für $W_i = 0$ wird

$$K_{\max} = \gamma t J.$$

Allgemein ist der Reibungswiderstand oder der Angriff der Strömung auf die Flächeneinheit der Bettsohle

$$K = \alpha \gamma t J.$$

Der Beiwert α ist stets kleiner als Eins und nähert sich diesem Grenzwerte um so mehr, je kleiner die inneren Bewegungen sind.

In gleicher Weise läßt sich der durch die inneren Bewegungen hervorgerufene Widerstand ausdrücken durch

$$W_i = \beta \gamma t J,$$

worin

$$\beta = 1 - \alpha.$$

Der Beiwert β ist stets größer als Null und nähert sich diesem Grenzwerte um so mehr, je größer α ist. α und β erreichen gleichzeitig ihren Größt- und Kleinstwert.

Um einen zahlenmäßigen Anhalt über die bei meinen Versuchen aufgetretenen Werte von α und β zu erhalten, blieb mir, da brauchbare Gefällemessungen nicht zu erreichen waren, nur der Weg übrig, die Spiegelgefälle J mit Hilfe einer Geschwindigkeitsformel zu berechnen. So viel auch mit Recht gegen die Benutzung der Geschwindigkeitsformel einzuwenden ist, wenn es sich um natürliche Wasserläufe handelt, bei denen ja nie die Vorbedingungen der Formel erfüllt werden, so darf im vorliegenden Falle, bei dem es sich um ein durchaus regelmäßiges künstliches Gerinne handelt, die Formel unbedenklich angewendet werden. Das gilt insbesondere für die neue Bazinsche Formel, weil ihr Beiwert gerade für künstliche Gerinne durch genaue Versuche bestimmt worden ist. Allerdings mußte ich mich bei der Verwendung dieser Formel auf die Versuchsgruppe I beschränken, da für die ungleichartig benetzten Umfänge der anderen Versuchsgruppen brauchbare Beiwerte c der allgemeinen Formel

$$v = c\sqrt{RJ}$$

nicht vorliegen.

Nachdem für die einzelnen gemessenen Größen v und R unter Einsetzung der Bazinschen c-Werte der Klasse 1 die Gefälle mit Hilfe der Formel

$$J = \left(\frac{v}{c}\right)^2 \frac{1}{R}$$

ermittelt waren, wurde die größtmögliche Angriffskraft des strömenden Wassers aus

$$K_{\max} = 1000 t J$$

berechnet und mit den gemessenen K-Werten verglichen. Daraus ergaben sich die Beiwerte α und β. In der Tafel C sind die Ergebnisse dieser Berechnungen zusammengestellt.

Wie man sieht, hat die Rechnung für die Versuche der Ziffern 1 und 4 Werte $1000 \cdot t . J$ ergeben, die kleiner sind als die zugehörigen gemessenen K-Werte: ein unmögliches Ergebnis, das eben die Mängel einer solchen Rechnung offenbart, anderseits aber zeigt, daß die berechneten Werte $1000 \cdot t J$ jedenfalls nicht zu groß sind. Bei allen anderen Versuchen ist aber das berechnete $1000 \cdot t J$ größer als das zugehörige gemessene K, so daß in Wirklichkeit die Beiwerte α der Versuche 2 und 3 sowie 5 bis 8 etwas kleiner

Tafel C.

Ziffer	Versuchsgruppe I									
	t m	R m	c (Klasse 1, Bazin)	v m	$\gamma\left(\frac{v}{c}\right)^2 \frac{1}{R} = 1000 \cdot J$	$1000 . t J$ kg/qm	K, gemessen kg/qm	$1000 . t J - K = Wi$ kg/qm	$\frac{K}{1000 \cdot t J} = \alpha$	$\frac{Wi}{1000 \cdot t J} = \beta$
1	0,10	0,06	69,8	0,081	0,02244	0,00224	0,00278	—	—	—
2	0,40	0,11	73,6	0,141	0,03336	0,01334	0,00688	0,00646	0,516	0,484
3	0,30	0,10	73,1	0,187	0,06544	0,01963	0,01114	0,00849	0,518	0,482
4	0,10	0,06	69,8	0,192	0,12350	0,01235	0,01266	—	—	—
5	0,20	0,09	72,5	0,222	0,10652	0,02130	0,01562	0,00568	0,733	0,267
6	0,10	0,06	69,8	0,268	0,24569	0,02457	0,02294	0,00163	0,934	0,066
7	0,30	0,10	73,1	0,295	0,16295	0,04889	0,02716	0,02173	0,556	0,444
8	0,133	0,07	70,9	0,415	0,48944	0,06509	0,04476	0,02033	0,688	0,312

sein werden als die berechneten und in die Tafel C eingetragenen.

Es ist ferner ersichtlich, daß α zunimmt (oder β abnimmt) mit abnehmender Wassertiefe: das bedeutet nur eine Bestätigung unserer bisherigen Anschauung, daß mit zunehmender Wassertiefe die inneren Bewegungen zunehmen.

Eine Gesetzmäßigkeit für das Verhalten von α bei konstanter Wassertiefe und veränderlicher Geschwindigkeit läßt sich aus der Tafel C nicht ableiten: Versuch 6 zeigt ein kleineres α als Versuch 1 oder 2, während anderseits Versuch 7 ein größeres α aufweist als Versuch 3. Es wäre aber voreilig, hieraus zu folgern, daß bei gleicher Wassertiefe der Wert α unabhängig sei von der mittleren Geschwindigkeit.

Am wichtigsten ist aber das Ergebnis, daß α für ein und dasselbe Gerinne veränderlich ist und daß daher

$$K = \alpha \gamma t J$$

nicht proportional ist dem Produkte aus der Wassertiefe in das Gefälle.

Ich habe bereits vor Jahren mit bezug auf die Formel $K = \gamma t J$, die das sogenannte Schleppkraftgesetz ausdrücken soll, gesagt:[4])

„Sie ist nichts als eine Formel, deren Ableitung auf Voraussetzungen beruht, die in der Wirklichkeit nicht erfüllt werden. Sie ist deshalb weit entfernt davon, ein Gesetz darzustellen."

Meine Versuche zeigen, daß sie auch nicht in der Form $K = \alpha_{\text{konst}} \cdot \gamma\, t\, J$ die Größe des Sohlenangriffes wiedergibt, selbst wenn die aufeinander folgenden Abflußquerschnitte einander kongruent sind.

Auch meine früheren Kugelversuche sind für den Angriff, den die Flußsohle durch die Strömung erfährt, wie die jetzigen Versuche lehren, nicht maßgebend. Ich muß daher die aus meinen früheren Versuchen gezogene Folgerung,[5]) daß der Beiwert α — ich hatte ihn damals „K" genannt — für ein und dieselbe Stelle der Flußsohle bei allen Wasserständen der gleiche bleibe, als unzutreffend fallen lassen.

Ist die Sohlenreibung größer als das Widerstandsvermögen der Flußsohle, dann wird diese in Bewegung geraten und vertieft. Mit zunehmender Tiefe nehmen α und J so lange ab, bis sich ein Gleichgewichtszustand herausgebildet hat. Dort wo die Sohlenreibung nicht genügt, die Flußsohle in Bewegung zu setzen, wird das Bett sich so lange erhöhen, werden α und J so lange zunehmen, bis die Kraft K wiederum dem Gleichgewichtszustande entspricht. Bei einheitlicher Beschaffenheit der Flußsohle müssen daher für den Gleichgewichtszustand allenthalben die Produkte $\alpha \gamma t J$ gleich groß sein. Stellen mit übergroßer Tiefe sind gleichzeitig solche kleinen Gefälles und großer innerer Bewegungen, während Stellen mit mangelnder Tiefe gleichzeitig großes Gefälle und kleine innere Bewegungen aufweisen.

Bekanntlich wechseln in den Flüssen diese beiden Stellen in gewisser Reihenfolge einander ab. Bei Niedrigwasser haben wir in den tiefen Kolkstrecken große innere Bewegungen und schwache Gefälle, auf den seichten Übergängen oder Furten kleine innere Bewegungen und starke Gefälle. Mit steigendem Wasser nehmen auf den Kolkstrecken t und J gleichzeitig zu, während α eine wesentliche Veränderung nicht erleidet: sie werden daher mit steigendem Wasser tiefer ausgewaschen. Auf den Übergängen nimmt aber mit steigendem Wasser nur t zu, während α und J abnehmen. Das erklärt die bekannte Erscheinung, daß die aus den Kolken bei Hochwasser ausgewaschenen Sinkstoffe auf den Rücken der Übergänge liegen bleiben: das Hochwasser vertieft die Kolke und erhöht die Übergangsschwellen. Erst bei fallendem Wasser werden die letzteren ausgewaschen und die Kolke wieder aufgehöht.

---

4) Zeitschr. des Österr. Ingenieur- und Architekten-Vereins 1905, Nr. 11.

5) Zentralblatt der Bauverwaltung 1908, S. 680.

Zusammenfassung der Versuchsergebnisse.

1. Die Sohlenreibung ist annähernd proportional dem Quadrate der mittleren Geschwindigkeit.

2. Die Sohlenreibung nimmt zu mit der Zunahme des Porengehaltes der Sohlenschicht.

3. Bei rechteckigem Gerinnequerschnitt ergibt sich die Größe der auf die Flächeneinheit der Sohle wirkenden Reibung aus

$$K = \alpha \gamma t J, \text{ kg/qm},$$

für $\gamma = 1000$ und t in m.

4. Der Beiwert α ist stets kleiner als Eins. Er nimmt zu mit abnehmender Wassertiefe. Seine Abhängigkeit von der mittleren Geschwindigkeit ist noch zu erforschen.

5. Da α auch für ein und dasselbe Abflußgerinne veränderlich ist, so ist

$$K = \alpha \gamma t J$$

nicht proportional dem Produkte aus der Wassertiefe in das Gefälle.

6. Das sogenannte Schleppkraftgesetz

$$K = \gamma t J$$

wird durch die Versuche nicht bestätigt.

Die Versuche sind mit Unterstützung der Jubiläums-Stiftung der deutschen Industrie im Dresdner Flußbau-Laboratorium ausgeführt worden. Die Versuchseinrichtung wurde von dem Mechaniker O. Leuner in Dresden entworfen und ausgeführt. Um die Durchführung der mühsamen und schwierigen Versuche hat sich mein Assistent Regierungsbaumeister Schober besonders verdient gemacht.

Zur Erforschung der Geschiebe- und Sinkstoffbewegungen.

Vom Regierungsbaumeister a. D. Dr.-Ing. Leiner.

I. Die Du Boyssche Gleichung.

Während man früher gewohnt war, als Maßstab für den Angriff des strömenden Wassers gegen Sohle und Ufer die Geschwindigkeit zu betrachten und zwar bald die mittlere, bald die Sohlengeschwindigkeit, stellte Du Boys für den Beharrungszustand eines gleichmäßig tiefen, unendlich breiten Flußlaufes die einfache Beziehung $S = \gamma t J$ als Maßstab für den Wasserangriff auf. Da die Ableitung dieser Formel sehr einfach ist, soll sie hier wegen des besseren Einblickes in die nachfolgenden Untersuchungen wiedergegeben werden. Es liegt der Gedanke zu Grunde, daß im Beharrungszustand die beschleunigenden und hemmenden Kräfte einander gleichen müssen.

In einem Wasserlauf von unendlicher Breite und vollendeter Gleichmäßigkeit, dessen Tiefe t und dessen Gefällwinkel α ist, betrachte man ein auf der Flächeneinheit der Sohle stehendes Wasserprisma (Abb. 1). Im Beharrungszustande herrscht an den vier Seitenwänden des Prismas gleicher Druck, so daß sich hier die Druckkräfte gegenseitig aufheben. Das Gewicht des Prismas ist bei einem Einheitsgewicht γ

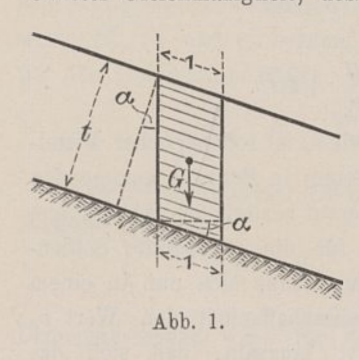


Abb. 1.

1) $$G = 1 \cdot 1 \cdot \cos\alpha \cdot \frac{t}{\cos\alpha} \cdot \gamma = t \cdot \gamma .$$

Die Seitenkraft senkrecht zur Sohle ist

2) $$N = G \cdot \cos\alpha ,$$

diejenige in Richtung der Sohle

3) $$T = G \cdot \sin\alpha .$$

Da die Reibung von Flüssigkeiten auf festen Körpern unabhängig von dem Normaldruck ist, so bleibt N ohne Einfluß auf die Bewegung des Wassers und wird nur durch den entsprechend gerichteten Sohlendruck aufgenommen. Die an der Sohle in Richtung des Gefälles auftretenden Stoßkräfte dagegen, die man in ihrer Gesamtheit als Reibung oder in dem vorliegenden Sonderfall als Schleppkraft S zu bezeichnen pflegt, sind die einzigen Kräfte, die sich der Beschleunigungskraft $T = G \cdot \sin\alpha$ entgegenstellen. Demnach muß sein

4) $$S = G \cdot \sin\alpha . \quad \text{Es war}$$
$$G = t \cdot \gamma . \quad \text{Ferner ist}$$

5) $$\sin\alpha = J = \text{Gefälle.} \quad \text{Also wird}$$

6) $$S = \gamma \cdot t \cdot J ,$$

und zwar bei Metereinheit t/qm. Bemerkt sei dazu noch, daß die inneren Kräfte des fließenden Wassers, also die inneren Reibungen, Stöße usw. bei der Ermittlung der Schleppkraft keiner Berücksichtigung bedürfen, da ihr Einfluß bereits in t und J, dem Gleichgewichtsergebnis der wirksamen Kräfte und Gegenkräfte, zum Ausdruck kommt.

Trotz des von Du Boys[1]) erbrachten, zuerst in äußerst anschaulicher Form von Möller[2]) auch in deutschen Fachschriften veröffentlichten Beweises, und trotz der eingehenden Untersuchungen Kreuters[3]) und anderer will sich die Behandlung von Fragen der Geschiebebewegung mittels des obigen Gesetzes in der Praxis nur sehr langsam einbürgern, hauptsächlich wohl wegen des scheinbaren Widerspruches mit den bekannten Regeln der Hydraulik.

II. Die Geschiebebewegung und die hierbei tätigen Kräfte.

Das Wasser hat dicht über der Sohle eine in verschiedenen Höhen stark wechselnde Geschwindigkeit, die man mit dem zusammenfassenden, wenig bezeichnenden Namen Sohlengeschwindigkeit v_s zu bezeichnen pflegt. Die Sohlengeschwindigkeit ist kein rechnerisch feststehender Begriff, und es erscheint für die weiteren Untersuchungen zweckmäßig, unter diesen verschiedenen Sohlengeschwindigkeiten diejenige herauszugreifen, die — ein rechnerischer Mittelwert — durch Stoß gegen die Rauhigkeiten der Sohle fortwährend soviel lebendige Kraft überträgt, daß ein Beharrungszustand möglich wird. Diese Sohlengeschwindigkeit heiße „mittlere Schleppgeschwindigkeit" oder kurz Schleppgeschwindigkeit v_σ.

Bezeichnet φ einen von der Art der Sohlenbildung abhängigen Rauhigkeitswert, γ das Einheitsgewicht des Wassers über der Sohle, F eine Fläche der Sohle, g die Erdbeschleunigung, S_F die Schleppkraft für die Fläche F, dann wird nach den Gesetzen des Stoßes

7) $$\varphi \cdot \gamma \cdot F \cdot \frac{v_\sigma^2}{2g} = S_F .$$

Es bezeichne Einzelschleppkraft S_e diejenige Kraft, die als Stoß des Wassers oder der darin schwebenden Sinkstoffe gegen einen auf der Sohle ruhenden einzelnen Geschiebekörper in Erscheinung tritt. Im Gegensatz dazu bedeutet dann „mittlere Schleppkraft" oder kurz Schleppkraft S den Mittelwert aus einer Reihe derartiger mehr oder weniger wagerecht gerichteter Einzelschleppkräfte, den man jedoch nicht auf die Summe der getroffenen senkrechten Projektionen, sondern auf die Flächeneinheit der wagerechten Projektion bzw. der Sohle, zu beziehen pflegt, da er sich in dieser Form durch die Du Boyssche Gleichung zahlenmäßig ausdrücken läßt.

Das an der Sohle fließende Wasser verursacht nicht allein Stoßkräfte gegen Geschiebeteile der Sohle, sondern es kann auch gegen feste Körper treffen, die im Wasser schweben. Eine in solcher Weise auftretende Stoßkraft möge mit Treibkraft T bezeichnet werden. Diese Treibkraft wechselt entsprechend der wechselnden Sohlengeschwindigkeit, ist also in verschiedenen Höhen über der Sohle verschieden groß. Sie ist für die Vorgänge des gleichmäßigen Wasser-

1) P. du Boys, Ann. des ponts et chaussées 1879, Seite 149 ff.

2) Zeitschrift d. Arch.- u. Ing.-Vereins in Hannover 1890, S. 455; Möller, Grundriß des Wasserbaues, Band II, S. 71 ff.

3) Handb. d. Ing.-Wiss., Teil III, Bd. 6, S. 11 ff. Zeitschrift des österr. Ing.- und Arch.-Vereins.

abflusses gewissermaßen eine innere Kraft, da bei ihrer Auslösung sich das Arbeitsvermögen der gesamten fließenden Masse nicht ändert. Im Gegensatz dazu sind alle Schleppkräfte, wenngleich sie ihrer Art nach ebenfalls Stoßkräfte sind, für die Abflußregelung äußere Kräfte.

Weil die Einzelschleppkraft in der Regel nur einen geringeren Teil der Oberfläche eines Geschiebekörpers trifft, wobei dieser sich noch gegen Nachbarn stützen kann, und weil die Geschwindigkeit mit der Entfernung von der Sohle zunimmt, so können Treibkräfte wesentlich größere Einzelwirkungen haben als Schleppkräfte.

Die Größe einer Treibkraft kann im Einzelfall nach den Gesetzen des Stoßes berechnet werden, und zwar wird für einen Körper vom Querschnitt F die Treibkraft

$$8)\qquad T = \zeta F \cdot \gamma \frac{v^2}{2g}.$$

Darin ζ einen von Form und Rauhigkeit abhängigen Beiwert.

Während die Bildung des Begriffes einer mittleren Schleppkraft große praktische Bedeutung hat, läßt sich der Mittelwert aus Treibkräften für keine Projektion bilden, da die Größe der ausgelösten Einzeltreibkräfte von der Menge aufgewirbelten Geschiebes abhängt. Man ist also bei der Ermittlung der durch Treibkräfte verursachten Geschiebeführung auf Erfahrungswerte über die Beziehungen derselben zur Wassermenge und Geschwindigkeit angewiesen.

III. Beziehungen einzelner hydraulischer Faktoren zueinander und zu der Geschiebebewegung.

Geschiebebewegungstheorien.

Bei Behandlung flußbaulicher Aufgaben steht häufig die Frage im Vordergrunde, ob die Sohlengeschwindigkeit oder die mittlere Geschwindigkeit oder das Du Boyssche Schleppkraftgesetz den besten Maßstab für die Geschiebe- und Sinkstoffbewegung abgibt, wie weit sich die einzelnen Theorien widersprechen oder vereinbaren lassen u. dgl.

Betrachten wir zuerst die Du Boyssche Gleichung. Sie erregt häufig Bedenken, weil sie weder einen Geschwindigkeits- noch einen Rauhigkeitswert besitzt. Das ist aber nur scheinbar der Fall, denn J ist Geschwindigkeitsquelle, t bereits eine Folge der Rauhigkeitszustände. Auf ähnlichen Erwägungen beruhen ja auch die neueren Geschwindigkeitsformeln ohne Rauhigkeitswert c.

Die Tatsache, daß ein Beharrungszustand fließenden Wassers nur bei Kraftabgabe an der Sohle möglich ist, wurde zur Ableitung der Du Boysschen Gleichung benutzt. Diese Kraftabgabe kann nur an den Berührungsstellen zwischen Wasser und Bett erfolgen und zwar nach unserer heutigen Erkenntnis allein auf dem Wege des Stoßes gegen Rauhigkeiten der Sohle oder gegen die dort lagernden Geschiebekörper.[4] Die Sohlengeschwindigkeit muß also ebenso als Basis einer Schleppkrafttheorie verwertbar sein, wie die Kraftwerte der fraglos einwandfreien Du Boysschen Gleichung.

4) Tatsächlich tritt Stoß im Verein mit Reibung auf. Da man die Reibungskraft jedoch in ähnlicher Form wie die Stoßkraft als Funktion der Geschwindigkeit zu schreiben pflegt, so genügt es, hier nur von Stoßkräften zu sprechen. Vgl. die erschöpfenden Ausführungen Plenkners in der Österr. Woch. für den öff. Baudienst 1910, S. 165—169, 184—188.

Durch Gegenüberstellung dieser beiden Theorien, und zwar vorerst für den Sonderfall eines unendlich breiten, absolut gleichmäßigen und im Beharrungszustande befindlichen Wasserlaufes, werden sich daher auch Einblicke in die Beziehungen der einzelnen hydraulischen Werte zueinander und zur Geschiebebewegung ergeben müssen.

Der Stoß der Schleppgeschwindigkeit gegen eine Grundfläche F war bereits durch die Definitionsgleichung 7 ausgewertet. Für die Flächeneinheit wird also der Stoß, d. h. die mittlere Schleppkraft

$$9)\qquad \frac{\varphi \gamma v_\sigma^2}{2g} = S.$$

Nach Gleichung 6 ergibt sich der Wert der mittleren Schleppkraft zu

$$S = \gamma t J.$$

Während γ hier das mittlere Einheitsgewicht bedeutet, stellte das γ in Gleichung 9 das Einheitsgewicht des an der Sohle fließenden Wassers dar. Nimmt man angenähert γ in beiden Fällen gleich groß an, dann wird

$$10)\qquad v_\sigma^2 = \frac{2g}{\varphi} \cdot t \cdot J \text{ oder}$$

$$11)\qquad \boldsymbol{v_\sigma = \sqrt{\frac{2g}{\varphi}} \cdot \sqrt{tJ}}.$$

Diese Schleppgeschwindigkeit v_σ ist rechnerischer Mittelwert der für die Geschiebebewegung in Betracht kommenden Sohlengeschwindigkeiten. Die hierauf bezüglichen Ableitungen gelten jedoch angenähert auch für die sogenannte Sohlengeschwindigkeit der Praxis. Man denke sich nun in einem Gerinne von bestimmter Sohlenbeschaffenheit den Wert v_σ allmählich gesteigert, jedoch so langsam, daß sich das Wasser stets nahezu im Beharrungszustande befindet. Die Schleppkraft wird hierbei ebenfalls allmählich steigen bis zu einem Grenzwert S_o^r, bei dem die Wanderung des Geschiebes beginnt. S_o^r heiße der Ruhegrenzwert der Schleppkraft. Bezeichnet der Zeiger o die bestimmte Größe veränderlicher Faktoren während des Grenzzustandes, so wird also

$$12)\qquad S_o^r = \frac{\varphi \cdot \gamma_o \cdot v_{\sigma o}^2}{2g}.$$

Hat dagegen bei einem zweiten Versuch das Wasser das Einheitsgewicht γ_o', so wird

$$S_o^r = \frac{\varphi \cdot \gamma_o' \cdot v_{\sigma o}'^2}{2g}.$$

S_o^r und φ haben denselben Wert wie vorhin, daher wird für den Grenzzustand der Ruhe einer bestimmten Geschiebeart

$$13)\qquad \gamma_o \cdot v_{\sigma o}^2 = \gamma_o' \cdot v_{\sigma o}'^2 = \ldots = \sigma_o^{r\,2} \quad \text{oder}$$

$$14)\qquad \sqrt{\gamma_o} \cdot v_{\sigma o} = \sigma_o^r.$$

Darin ist σ_o^r ein jede Geschiebeart kennzeichnender Festwert, den wir Ruhegrenzwert der Schleppgeschwindigkeit nennen.

In Worten bedeutet die Gleichung: Jede Geschiebeart beginnt sich in dem Augenblick zu bewegen, wo $\sqrt{\gamma} \cdot v_\sigma$, also wo das Produkt aus der Wurzel des Einheitsgewichtes und der Schleppgeschwindigkeit einen für das betreffende Geschiebe feststehenden Ruhegrenzwert σ_o^r erreicht. Untersuchungen von Kreuter[5] und Krapf haben gezeigt, daß für eine bestimmte Geschiebeart der Beginn der Bewegung durch

5) Zeitschr. d. österr. Ing.- und Arch.-Vereins 1904, S. 670.

eine andere Schleppkraftsgröße gekennzeichnet ist wie die Beendigung.

Wir unterscheiden daher zweckmäßig einen Ruhegrenzwert der Schleppkraft S_o^r, bei welchem gelagertes Geschiebe in Bewegung kommt, und einen Bewegungsgrenzwert der Schleppkraft S_o^b, bei welchem bewegtes Geschiebe zur Ruhe kommt. Nach den genannten Versuchen ergab sich S_o^r etwa 30 vH. größer als S_o^b. Wir nennen

$$15)\qquad \lambda = \frac{S_o^r}{S_o^b}$$

die Lagerungsziffer einer Geschiebeart. Es ist anzunehmen, daß λ nicht konstant ist, sondern bei scharfkantigem oder platt lagerndem Geschiebe und solchem mit eigener Klebekraft einen größeren Wert hat als bei rundem und absolut reinem Geschiebe. Eigentliche Verschlickung der Oberfläche bleibt zweckmäßig bei den Untersuchungen ausgeschlossen. Nach den bisherigen Beobachtungen könnte man im Mittel $\lambda = 1{,}3$ rechnen.

Gesucht werde der Bewegungsgrenzwert σ_o^b der Schleppgeschwindigkeit für ein Geschiebe, dessen Grenzwerte S_o^r, S_o^b und σ_o^r bekannt sind. Nach Gleichung 12 war für den Ruhegrenzzustand

$$S_o^r = \frac{\varphi \cdot \gamma_o \cdot v_{\sigma o}^2}{2g}.$$

Der Festwert dieser Grenzgleichung wurde mit σ_o^{r2} bezeichnet, nämlich

$$\frac{S_o^r \cdot 2g}{\varphi} = \gamma_o v_{\sigma o}^{r2} = \sigma_o^{r2}.$$

Dementsprechend wäre für den Bewegungsgrenzzustand S_o^b

$$16)\qquad \frac{S_o^b \cdot 2g}{\varphi} = \gamma_o \cdot v_{\sigma o}^{b2} = \sigma_o^{b2}.$$

Es wird also

$$17)\qquad \frac{\sigma_o^{r2}}{\sigma_o^{b2}} = \frac{S_o^r}{S_o^b} = \lambda,$$

$$18)\qquad \frac{\sigma_o^r}{\sigma_o^b} = \sqrt{\lambda}.$$

Jede Geschiebeart beginnt sich abzulagern, sobald $\sqrt{\gamma} \cdot v_\sigma$, also sobald das Produkt aus der Wurzel des Einheitsgewichts und der Schleppgeschwindigkeit einen für das betreffende Geschiebe feststehenden Bewegungsgrenzwert σ_o^b erreicht. Für die Lösung des Geschiebes ist demnach S_o^r und σ_o^r, für die Ablagerung S_o^b und σ_o^b maßgebend. Um auch gegen Zufälligkeiten eine gewisse Sicherheit zu haben, wird man in der Praxis diese Beziehung umkehren. Man ermittelt die zu erwartende Schleppkraft S und rechnet bei zu befürchtender Austiefung mit Bewegungsgrenzwerten ($S \leqq S_o^b$), bei befürchteter Verlandung mit Ruhegrenzwerten ($S \geqq S_o^r$). Oder man ermittelt die zu erwartende Schleppgeschwindigkeit v_σ und das Einheitsgewicht des Wassers γ, bildet den Wert $\sqrt{\gamma} \cdot v_\sigma$ und rechnet bei befürchteter Austiefung mit Bewegungsgrenzwerten ($\sqrt{\gamma} \cdot v_\sigma \leqq \sigma_o^b$), bei befürchteter Verlandung mit Ruhegrenzwerten ($\sqrt{\gamma} \cdot v_\sigma \geqq \sigma_o^r$). In der Praxis muß an Stelle von v_σ näherungsweise die mehr oder weniger willkürliche Sohlengeschwindigkeit v_s treten, für welche dann auch die Grenzwerte σ_o^r und σ_o^l zu ermitteln wären. Man nennt sie zum Unterschiede s_o^r und s_o^b.

Abgesehen von der Vernachlässigung des Einheitsgewichts und der Dehnbarkeit des Begriffes Sohlengeschwindigkeit steht also die Bewegung einer bestimmten Geschiebeart in unmittelbarer Abhängigkeit von der Größe der Sohlengeschwindigkeit. Dieses war auch früher fast allgemein anerkannt und wurde durch die Praxis bestätigt, während seit Bekanntwerden des Schleppkraftgesetzes zwei Anschauungen unter gegenseitigem Ausschluß einander gegenüberstehen: Sohlengeschwindigkeit gegen Schleppkraft.

Dieser Gegensatz zwischen Schleppkrafttheorie und Sohlengeschwindigkeitstheorie besteht aber in Wirklichkeit nicht, vielmehr sind für den Beharrungszustand beide Theorien nur verschiedene Formen ein und desselben Gesetzes. Da sich jedoch die Schleppkraft nicht nur in der Natur, sondern auch besonders bei der Entwurfsarbeit leichter bestimmen läßt als die tatsächlich wirksame Sohlengeschwindigkeit, so wird sich meistens die Rechnung mit Schleppkräften mehr empfehlen, zumal sie einen sehr anschaulichen Einblick in die Verhältnisse gewährt. Anderseits ergibt jedoch die Rechnung mit Sohlengeschwindigkeiten wahrscheinlich auch dort noch brauchbare Werte, wo die Verhältnisse sehr stark von den Voraussetzungen der Du Boysschen Gleichung abweichen; in diesen Fällen wird man also Sohlengeschwindigkeiten vorziehen.

Dasselbe würde für die leichter meßbare mittlere Geschwindigkeit gelten, wenn diese in einem linearen Verhältnis zur Schleppgeschwindigkeit stehen würde. Es besteht die bekannte Beziehung

$$19)\qquad v_m = c \cdot \sqrt{RJ}$$

oder für einen unendlich breiten, gleichmäßig tiefen Fluß

$$20)\qquad v_m' = c \cdot \sqrt{tJ},$$

darin v_m' die mittlere Geschwindigkeit in einer Senkrechten.

Hingegen wäre in diesem Fall nach Gleichung 11

$$v_\sigma = \sqrt{\frac{2g}{\varphi}} \cdot \sqrt{tJ}.$$

Nach der Eytelweinschen Formel war c ein allein von der Rauhigkeit abhängiger Wert, stand also in linearem Verhältnis zu φ. Nach der damaligen Anschauung war man also auch berechtigt, die mittlere Geschwindigkeit ähnlich wie die Sohlengeschwindigkeit als Maßstab der Schleppkraft zu benutzen. Unsere heutige Erkenntnis lehrt jedoch noch eine weitere Abhängigkeit des Wertes c von J und R. Daraus folgt:

Die mittlere Geschwindigkeit in einer Senkrechten darf nicht ohne weiteres als Maßstab für die Beanspruchung der Standfähigkeit eines Flußbettes benutzt werden. In anderer Weise läßt sich jedoch die mittlere Geschwindigkeit gut für die Schleppkraftstheorie verwerten.

Es war

$$v_m' = c \cdot \sqrt{tJ}$$

und nach dem Du Boysschen Gesetz

$$t \cdot J = \frac{S}{\gamma}.$$

Also wird

$$21)\qquad v_m' = c \cdot \sqrt{\frac{S}{\gamma}}$$

oder

$$22)\qquad \boldsymbol{S} = \frac{\gamma}{c^2} \cdot v_m'^2.$$

Was vorher allgemein gefolgert war, lehrt diese Gleichung genauer:

Selbst für gleichbleibendes Geschiebe ist $\frac{1}{c^2}$ ein veränderlicher Wert, woraus sich die Unmöglichkeit ergibt, unter Umgehung der zahlenmäßigen Ermittlung des Schleppkraftwertes unmittelbar aus der mittleren Geschwindigkeit auf die Standfähigkeit dieser Geschiebeart schließen zu wollen. Dieses war bei Benutzung der Sohlengeschwindigkeit möglich.

Anderseits bietet die Benutzung der mittleren Geschwindigkeit den Vorteil, daß sowohl sie als auch der Beiwert c leichter zu ermitteln ist als die tatsächlich wirksame Sohlengeschwindigkeit v_σ.

„Es gibt Beispiele, daß bei Deichbrüchen oder Überschwemmungen sich über bloßliegende Sandflächen ein außerordentlich starker Strom ergoß, ohne den geringsten Schaden anzurichten." [6]) Gleichung 22 gibt die Erklärung für derartige Vorgänge.

Es kommt bei der Geschiebebewegung nicht nur auf das Stoßvermögen des Wassers an, sondern ebensosehr darauf, wieviel Stoßfläche der Untergrund dem Wasser darbietet. Vorangegangene starke Schwächung des Stoßvermögens oder geschützte Lage derartiger Sandstellen können natürlich ebenfalls miteinwirken. Die Sohlengeschwindigkeit wird in den obigen Fällen sicher ebenfalls groß gewesen sein; wenn sie trotzdem nicht die Sohle anzugreifen vermochte, so läßt sich dieses durch die hohe Lagerungsziffer λ bzw. den hohen Schleppgeschwindigkeitswert σ_0^r des glatt gelagerten, scharfen, mit einer Wetterkruste erhärteten Sandes erklären.

Mögen nun einige der bekanntesten Geschiebebewegungstheorien noch im einzelnen betrachtet werden.

Sternberg [7]) lieferte unter anderem folgende bemerkenswerte Rechnung: Ein ellipsoidisch gestalteter Geschiebekörper vom Inhalt V und dem Einheitsgewicht γ_0, dessen kleine Achse b, und dessen große Achse $a = 2b$ ist, ruhe mit einem Reibungsbeiwert f auf einer Geschiebeunterlage und biete der Sohlengeschwindigkeit v einen Stoßquerschnitt F. Demnach ist der Wasserstoß

$$P = \varepsilon F \gamma \frac{v^2}{2g},$$

worin ε ein Beiwert, γ das Einheitsgewicht des Wassers ist. Der Widerstand des Körpers gegen Verschieben ist dagegen

$$W = f \cdot V \cdot (\gamma_0 - \gamma).$$

Der Grenzzustand des Gleichgewichtes beim Beginn der Bewegung erfordert $P = W$, also

$$\varepsilon F \cdot \gamma \cdot \frac{v^2}{2g} = f \cdot V \cdot (\gamma_0 - \gamma) \text{ oder, da}$$

$$F = a \cdot b \cdot \pi \text{ und } V = \tfrac{4}{3} a \cdot b^2 \cdot \pi \text{ ist,}$$

unter beispielsweiser Annahme der Werte

$$\varepsilon = 0{,}8 \qquad \gamma_0 = 2200 \text{ kg}$$
$$f = \tfrac{1}{2} \qquad \gamma = 1000 \text{ kg}$$

$$v = \sqrt{\frac{\frac{4}{3} \cdot \pi \cdot ab^2 (2200 - 1000) \cdot 9{,}81}{0{,}8 \cdot a b \pi \cdot 1000}}$$

$$v = 4{,}43 \cdot \sqrt{b}.$$

Bei dieser Sohlengeschwindigkeit würde der Geschiebekörper sich zu bewegen beginnen. Die Ableitung nimmt also als Grundlage die in ihrer Größe schwer feststellbare Sohlengeschwindigkeit und mißt als Angriffskraft des Gleichgewichtszustandes Einzelschleppkräfte an freiliegenden Kieseln. Da die Du Boyssche Gleichung im Gegensatz dazu die mittlere Schleppkraft aneinander gelagerter Kiesel ausdrückt, so folgt:

Der Sternbergschen Theorie entsprechen für bestimmte Geschiebearten etwas kleinere Grenzwerte S_0 und σ_0 als dem Du Boysschen Gesetz.

Verbreiteter als diese für die theoretische Entwicklung eines Längenschnittes sehr lehrreiche Sternbergsche Theorie ist in der Praxis das empirische Verfahren, für bestimmte natürliche Geschiebearten Geschwindigkeitsgrenzwerte festzustellen. Die theoretisch geforderte Berücksichtigung des Einheitsgewichtes unterbleibt dabei in der Regel.

Erfolgte die Feststellung der Grenzwerte, bei denen das Geschiebe von der Strömung fortgeführt wird, unter Aufrühren desselben, so bestimmt man offenbar nicht Bewegungsgrenzwerte der Sohlengeschwindigkeit (s_0^b), sondern die etwas geringeren Treibgeschwindigkeitsgrenzwerte. Das Verfahren ist unsicher, da die Geschiebe, sobald sie den stärkeren Treibkräften entronnen sind, wenige Meter stromabwärts liegen bleiben können.

Beobachtet man den Beginn der Wanderung ohne Aufrühren, so erhält man die der Theorie annähernd entsprechenden Ruhegrenzwerte s_0^r.

Beide Verfahren lassen sich, wie wir gesehen haben, angenähert in Einklang mit der Theorie, insbesondere auch mit der Du Boysschen Gleichung bringen. Die Vernachlässigung des Einheitsgewichtes hat meistens wenig Einfluß, doch wird die Rechnung durch die Benutzung der Sohlengeschwindigkeit sehr ungenau, da der Wert $\frac{dv}{dt}$ an der Sohle stark wechselt.

Franzius [8]) bezieht infolgedessen, trotzdem er sich der Unsicherheit der Angaben voll bewußt ist, seine Beobachtungen lieber auf mittlere Geschwindigkeit.

Diese Angaben müssen nach den vorangegangenen Untersuchungen leider noch weniger befriedigende Ergebnisse liefern. Dasselbe gilt noch mehr von allen Beziehungen auf Oberflächengeschwindigkeit u. dgl.

Zu erwähnen ist noch, daß γ meistens 1 t/cbm gesetzt werden kann. Gerade im Zustande der Geschiebebewegung steigt allerdings auch der Gehalt an Sinkstoffen sehr erheblich, und alles Geschiebe, das durch die Treibkraft dauernd schwebend erhalten wird, erhöht das Einheitsgewicht. Erfahrungswerte wären daher sehr erwünscht.

---

6) Handb. d. Ing.-Wissensch. 1905, Teil III, Bd. 1, Seite 345 (Jasmund).

7) Ausbildung des Längsgefälles am Oberrhein, Zeitschr. für Bauw. 1875, Seite 483. Auch im Auszuge: Handb. der Ing.-Wissenschaften. Teil III, Band 1, Seite 344 (1903).

8) Handbuch der Baukunde, Wasserbau, Seite 162 (1890).

IV. Übertragung der unter Voraussetzung idealer Gleichmäßigkeitszustände und unendlicher Bettbreite gefundenen Ergebnisse auf unregelmäßige und seitlich begrenzte natürliche Querschnitte.

a) Einführung eines Sicherheitswertes.

Da in natürlichen Querschnitten infolge Ungleichmäßigkeiten der Sohle, örtlicher Gefälländerungen, Wirbel, Seitenströmungen usw. die errechnete Schleppkraft S niemals der tatsächlich örtlich vorhandenen Schleppkraft entsprechen kann, so gilt, streng genommen, hier weder der Schleppkraftswert $S = \gamma t J$, noch der Schleppgeschwindigkeitswert v_σ, da beides nur Mittelwerte sind. Durch Verwendung der örtlichen Sohlengeschwindigkeit v_s könnte man in Sonderfällen der Wirklichkeit näher kommen.

Da es jedoch nicht zweckmäßig ist, jeden einzelnen Sonderteil der Sohle für sich zu behandeln, so rechnet man am besten auch in natürlichen Wasserläufen mit den Mittelwerten S und v_σ (bzw. der für gewisse Stellen gemittelten Sohlengeschwindigkeit v_s) und berücksichtigt die tatsächlichen Verhältnisse durch Zusatz eines Sicherheitswertes $\varkappa$, schreibt also $S' = \varkappa \cdot \gamma t J$ und

$$v_s' = \sqrt{\varkappa} \cdot v_s.$$

Bei befürchteter Austiefung wäre $\varkappa > 1$, bei befürchteter Anlandung $\varkappa < 1$ zu wählen. Zweckmäßige Erfahrungswerte fehlen zur Zeit. Während die Statik ihre Sicherheitswerte mit dem Stoff verbindet, erscheint es hier zweckmäßiger, die Beiwerte der errechneten Schleppkraft bzw. der Sohlengeschwindigkeit anzugliedern, weil dieses anschaulicher ist und richtigere Schätzung ermöglicht.

b) Schleppkraftsgröße auf Böschungen und auf der Sohle eines geschlossenen Querschnittes.

Die bisherigen Betrachtungen setzten einen unendlich breiten Wasserlauf von gleichmäßiger Tiefe voraus. Für die Praxis ist jedoch die Frage wichtig, ob das Gesetz $S = \gamma t J$ auch für die verschiedenen Stellen in einem geschlossenen natürlichen Querschnitt ohne weiteres angewendet werden darf. Leider findet die rein theoretische Behandlung der Frage hier ihre Grenze, da bekannte physikalische Gesetze als Grundlage nicht dienen können und man somit sofort auf mehr oder weniger passende Voraussetzungen gelangt, deren Wertigkeit allein durch umfassende Versuche geprüft werden könnte.

Die Benutzung der Gleichung $S = \frac{\gamma}{c^2} \cdot v'^2$ für beliebige Querschnittsstellen würde ebenso eine beweisbedürftige Annahme darstellen, wie die Benutzung der Gleichung $S = \gamma t J$. Daß beide Verfahren bei Wasserläufen mit steilen Wänden und scharfen Ecken keinesfalls anwendbar sind,[9] zeigt Abb. 2.[10] Die Rechnung mit Schleppgeschwindigkeiten bzw. mit Sohlengeschwindigkeiten müßte dagegen auch in derartigen Fällen noch brauchbare Ergebnisse liefern, denn es ist nicht wahrscheinlich, daß an der Sohle andere Gesetze des Wasserstoßes gelten als an Böschungen. Nur die Widerstandsfähigkeit des Stoffes muß an Böschungen eine andere sein und verlangt Berücksichtigung, wie dieses noch weiter unten erörtert wird.

Rückschlüsse von der Sohlengeschwindigkeit auf die Schleppkraft sind theoretisch möglich, verdienen aber wenig Vertrauen, weil man nicht v_σ, sondern nur irgend ein v_s messen kann.[11] In der Praxis wird es sich nun aber meistens um schalenförmige Flußbetten handeln, und hierfür hat die Annahme der Verwendbarkeit der Du Boysschen Gleichung keine schlechten Aussichten.

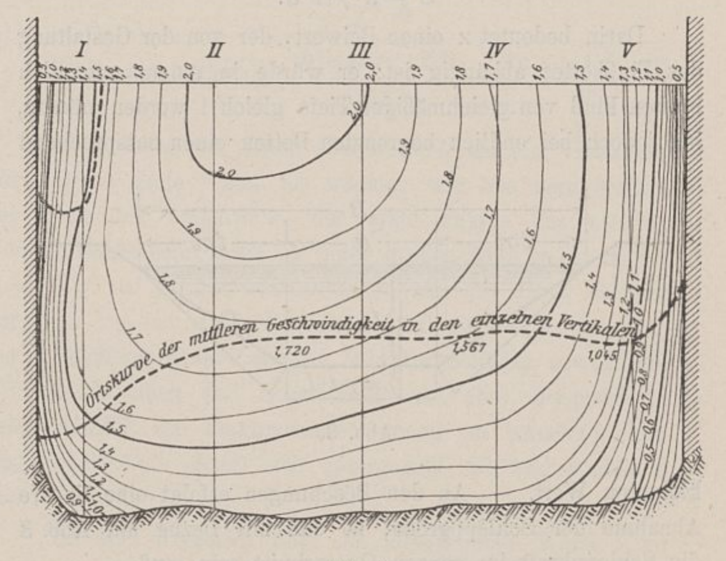


Abb. 2.

Diese Gleichung drückt die Annahme aus, daß die Schleppkraft in gleichem Verhältnisse wie die Tiefe wächst. Stellt man sich auf einer geneigten Flußböschung ein von der Sohle bis zum Spiegel reichendes Wasserprisma vor, so läßt sich wohl denken, daß das landseitige benachbarte Wasserprisma auf das erstere in gleichem Maße hemmend wirkt, wie das stromseitige benachbarte Prisma beschleunigend. Für das Mittelprisma könnte also sehr gut die Beziehung $S = \gamma t J$ angenähert gelten. Eine derartige Veranschaulichung ist natürlich kein Beweis. Immerhin dürfte es statthaft sein, solange, bis nicht durch Versuche das Gegenteil bewiesen wird, mit der Du Boysschen Gleichung auch auf Böschungen etwa bis zur Neigung 1:1 zu rechnen (vgl. den Anfang von Abschnitt V). Es soll nun untersucht werden, ob der theoretisch beachtenswerte Einwand Kreys,[12] daß bei geschlossenen Querschnitten, insbesondere bei einem Versuchsgerinne, die Schleppkraft selbst bei Verwendung obiger Annahme kleiner als $\gamma t J$ ist, auch für natürliche Flußbette Berücksichtigung verlangt. Da für diese Untersuchung die Voraussetzung mathematischer Querschnitte notwendig ist, so sollen die Trapez- und Parabelform zugrunde gelegt werden.

1. Trapezförmiger Querschnitt (Abb. 3).

Der Umstand, daß in einer einbiegenden Ecke voraussichtlich geringere Schleppkraft herrscht, werde vernachlässigt.

Das Gewicht einer durch zwei Querschnitte herausgetrennten Wasserscheibe von der Dicke 1 ist

9) Auf diesen Umstand hat bereits Krey im Zentralbl. der Bauverw. 1908, Seite 318, und 1909, Seite 491 hingewiesen.

10) Nach Handbuch der Ingenieur-Wissenschaften, Teil III, Bd. 1, Seite 455.

11) Man vergleiche die Ausführungen Plenkners in der Österr. Woch. für den öffentl. Baudienst 1910, Seite 167.

12) Zentralblatt der Bauverwaltung 1908, Seite 318.

23) $$G = \gamma \cdot 1 \cdot \left(a \cdot t + \frac{2 \cdot t \cdot t \cdot n}{2}\right).$$

24) $$G = \gamma \cdot t \cdot (a + n \cdot t)$$

und die Beschleunigungskomponente $G \cdot J$, demnach wird die Schleppkraft im ganzen Querschnitt

25) $$S = \gamma t \cdot (a + nt) \cdot J.$$

Unter Benutzung der oben gemachten Annahme über die Schleppkraftsverteilung wird diese an der Sohle

$$S' = \varkappa \cdot \gamma \cdot t \cdot J.$$

Darin bedeutet $\varkappa$ einen Beiwert, der von der Gestaltung des Flußbettes abhängig ist; er würde in einem unendlich breiten Fluß von gleichmäßiger Tiefe gleich 1 werden müssen, hat jedoch bei endlich begrenzten Betten einen entsprechend

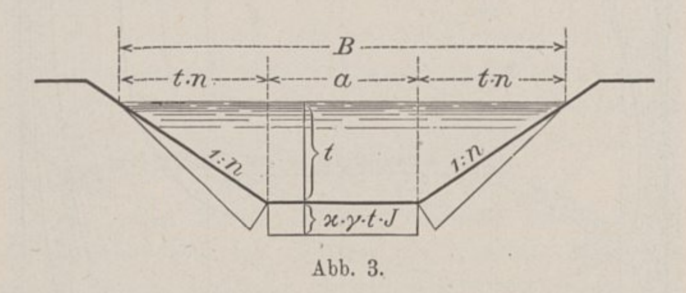


Abb. 3.

kleineren Wert. — An den Böschungen erfolgt eine lineare Abnahme der Schleppgröße, so daß mit Bezug auf Abb. 3 die Schleppkraft im ganzen Querschnitt sein muß

$$S = 1 \cdot a \cdot \varkappa \cdot \gamma \cdot t \cdot J + 2 \cdot \frac{1 \cdot \sqrt{t^2 n^2 + t^2} \cdot \varkappa \cdot \gamma \cdot t \cdot J}{2}$$

oder

26) $$S = \varkappa \cdot \gamma \cdot t \cdot J \cdot \left(a + t \cdot \sqrt{n^2 + 1}\right).$$

Die Werte S der Gleichungen 25 und 26 einander gleich gesetzt, ergibt

27) $$\varkappa = \frac{\boldsymbol{a + n \cdot t}}{\boldsymbol{a + t \cdot \sqrt{n^2 + 1}}}.$$

Für $n = \infty$ wird $\varkappa = 1$.

2. Parabelförmiger Querschnitt.

Wichtiger als der soeben betrachtete trapezförmige Querschnitt ist für die Praxis eine schalenförmige Form, wofür

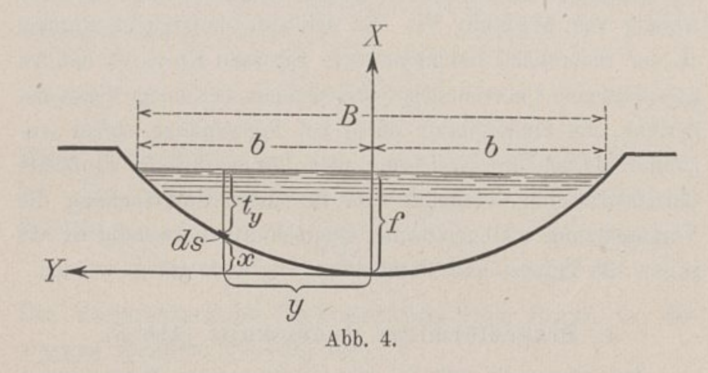


Abb. 4.

aus rechnerischen Gründen die Parabel gewählt werde (Abb. 4). Betrachtet werde eine Wasserscheibe von der Breite 1. Es sei b die halbe Flußbreite, f die Tiefe in der Mitte.

Das Gewicht der Scheibe ist dann

28) $$G = \gamma \cdot \tfrac{2}{3} \cdot 2b \cdot f = \gamma \cdot \tfrac{4}{3} b \cdot f$$

und die Beschleunigungsseitenkraft $G \cdot J$, demnach die Schleppkraft im ganzen Querschnitt

29) $$S = \gamma \cdot \tfrac{4}{3} \cdot b \cdot f \cdot J.$$

Für die Mitte beträgt die Schleppkraft

30) $$S_f = \varkappa \cdot \gamma \cdot f \cdot J$$

je Flächeneinheit der Sohle. Gemäß Annahme beträgt die örtliche Schleppkraft an der Stelle y

31) $$S = \varkappa \cdot t \cdot J \cdot \gamma$$

und auf die Länge ds einer Scheibe von der Breite 1

32) $$dS = \varkappa \cdot t_y \cdot J \cdot \gamma \cdot ds \cdot 1.$$

Nun bestehen bei vorliegender Parabel folgende Beziehungen:

33) $$ds = \sqrt{dx^2 + dy^2},$$

$$y^2 = 2Px, \quad b^2 = 2Pf,$$

34) $$2P = \frac{b^2}{f},$$

35) $$y^2 = \frac{b^2}{f} \cdot x.$$

Durch Differenzierung: $2 \cdot y \cdot dy = \frac{b^2}{f} \cdot dx$,

36) $$dx = \frac{2f}{b^2} \cdot y \cdot dy.$$

Durch Einsetzung dieses Wertes in Gleichung 33 wird

$$ds = \sqrt{\frac{4f^2}{b^4} \cdot y^2 \cdot dy^2 + dy^2},$$

37) $$ds = dy \cdot \sqrt{\frac{4f^2 \cdot y^2 + b^4}{b^4}}.$$

Ferner ist $t_y = f - x$, oder, da $x = y^2 \cdot \frac{f}{b^2}$,

$$t_y = f - y^2 \cdot \frac{f}{b^2} = \frac{f}{b^2} \cdot (b^2 - y^2).$$

Also wird

$$dS = \varkappa \cdot \frac{f}{b^2} \cdot (b^2 - y^2) \cdot J \cdot \gamma \cdot dy \cdot \sqrt{\frac{4f^2 y^2 + b^4}{b^4}},$$

38) $$dS = \frac{\varkappa \cdot f \cdot J \cdot \gamma}{b^4} \cdot (b^2 - y^2) \cdot \sqrt{4f^2 y^2 + b^4} \cdot dy.$$

Die Integration ist zweimal von 0 bis b auszuführen, daher wird

39) $$S = \frac{2 \cdot \varkappa \cdot f \cdot J \cdot \gamma}{b^4} \int_0^b (b^2 - y^2) \cdot \sqrt{4f^2 y^2 + b^4} \cdot dy.$$

Zur Lösung des Integrals wird es weiter umgeformt:

40) $$A = \int (b^2 - y^2) \cdot \sqrt{4f^2 y^2 + b^2} \cdot dy = \int \frac{(b^2 - y^2) \cdot (4f^2 y^2 + b^4)}{\sqrt{4f^2 y^2 + b^4}} \cdot dy,$$

$$A = \int \frac{4f^2 b^2 y^2 + b^6 - 4f^2 y^4 - y^2 b^4}{\sqrt{4f^2 y^2 + b^4}} \cdot dy.$$

Es werde gesetzt $4f^2 = a$, dann wird

$$A = b^2 \cdot (a - b^2) \int \frac{y^2 \cdot dy}{\sqrt{ay^2 + b^4}} + b^6 \int \frac{dy}{\sqrt{ay^2 + b^4}} - a \int \frac{y^4 \cdot dy}{\sqrt{ay^2 + b^4}}$$

oder geordnet und neu benannt

$$A = -a \cdot B + b^2 \cdot (a - b^2) \cdot C + b^6 \cdot D.$$

Die Einzelintegrale B, C und D werden jetzt berechnet:

$$B=\int\frac{y^4}{\sqrt{ay^2+b^4}}\cdot dy=\frac{y^3\cdot\sqrt{ay^2+b^4}}{4a}-\frac{3b^4}{4a}\cdot\int\frac{y^2}{\sqrt{ay^2+b^4}}dy,$$

$$C=\int\frac{y^2}{\sqrt{ay^2+b^4}}\cdot dy=\frac{y\cdot\sqrt{ay^2+b^4}}{2a}-\frac{b^4}{2a}\cdot\int\frac{dy}{\sqrt{ay^2+b^4}},$$

$$D=\int\frac{1}{\sqrt{ay^2+b^4}}\cdot dy=\frac{1}{\sqrt{a}}\cdot\ln\left[ay+\sqrt{a}\cdot\sqrt{ay^2+b^4}\right].$$

Demnach wird

$$A=-\frac{y^3\cdot\sqrt{ay^2+b^4}}{4}+\frac{3\,b^4}{4}\cdot C+b^2\cdot(a-b^2)\cdot C+b^6 D,$$

$$=-\frac{y^3\cdot\sqrt{ay^2+b^4}}{4}+\left(ab^2-b^4+\frac{3}{4}b^4\right)\cdot C+b^6 D,$$

$$=-\frac{y^3\cdot\sqrt{ay^2+b^4}}{4}+\frac{b^2\cdot(4a-b^2)}{4}\cdot C+b^6 D.$$

Es ist $C=\frac{y\cdot\sqrt{ay^2+b^4}}{2a}-\frac{b^4}{2a}\cdot D$, also wird

$$A=-\frac{y^3\cdot\sqrt{ay^2+b^4}}{4}+\frac{b^2\cdot(4a-b^2)\cdot y\cdot\sqrt{ay^2+b^4}}{4\cdot 2\cdot a}$$

$$+\left(-\frac{b^2\cdot(4a-b^2)\cdot b^4}{4\cdot 2a}+b^6\right)\cdot\left[\frac{1}{\sqrt{a}}\cdot\ln\left(ay+\sqrt{a}\cdot\sqrt{ay^2+b^4}\right)\right],$$

$$A=-\frac{y^3\cdot\sqrt{ay^2+b^4}}{4}+\frac{b^2\cdot(4a-b^2)\cdot y\cdot\sqrt{ay^2+b^4}}{8a}$$

$$+\frac{4ab^6+b^8}{8a}\cdot\left[\frac{1}{\sqrt{a}}\cdot\ln\left(ay+\sqrt{a}\cdot\sqrt{ay^2+b^4}\right)\right].$$

Der nicht gut denkbare Logarithmus einer linearen Funktion verschwindet bei Einsetzen der Grenzen:

$$A=\int_0^b f(y)\,dy=-\frac{b^3\cdot\sqrt{ab^2+b^4}}{4}+\frac{b^3\cdot(4a-b^2)\cdot\sqrt{ab^2+b^4}}{8a}$$

$$+\frac{4ab^6+b^8}{8a\cdot\sqrt{a}}\cdot\ln\left(ab+\sqrt{a}\cdot\sqrt{ab^2+b^4}\right)$$

$$-\frac{4ab^6+b^8}{8a\cdot\sqrt{a}}\cdot\ln\left(\sqrt{a}\cdot\sqrt{b^4}\right),$$

$$A=-\frac{b^4\cdot\sqrt{a+b^2}}{4}+\frac{b^4\cdot\sqrt{a+b^2}\cdot(4a-b^2)}{8a}$$

$$+\frac{b^6\cdot(4a+b^2)}{8a\cdot\sqrt{a}}\cdot\ln\frac{b\cdot\left(a+\sqrt{a}\cdot\sqrt{a+b^2}\right)}{\sqrt{a}\cdot b^2},$$

$$A=\frac{b^4}{8a}\Bigg[-2a\cdot\sqrt{a+b^2}+4a\cdot\sqrt{a+b^2}-b^2\cdot\sqrt{a+b^2}$$

$$+\frac{b^2\cdot(4a+b^2)}{\sqrt{a}}\cdot\ln\frac{b\cdot\left(a+\sqrt{a}\cdot\sqrt{a+b^2}\right)}{\sqrt{a}\cdot b^2}\Bigg],$$

$$41)\quad A=\frac{b^4}{8a}\left[(2a-b^2)\cdot\sqrt{a+b^2}+\frac{b^2\cdot(4a+b^2)}{\sqrt{a}}\cdot\ln\frac{\sqrt{a}+\sqrt{a+b^2}}{b}\right].$$

Durch Gleichsetzung der beiden Werte für S aus den Gleichungen 29 und 39 bzw. 40 ergibt sich

$$\frac{2\varkappa\cdot f\cdot J\cdot\gamma}{b^4}\cdot A=\gamma\cdot\frac{4}{3}\cdot b\cdot f\cdot J$$

und somit $\varkappa=\frac{\frac{2}{3}b^5}{A}$ oder nach Einsetzen des Wertes A aus Gleichung 41

$$42)\quad \varkappa=\frac{\frac{16}{3}ab}{(2a-b^2)\cdot\sqrt{a+b^2}+\frac{b^2\cdot(4a+b^2)}{\sqrt{a}}\cdot\ln\frac{\sqrt{a}+\sqrt{a+b^2}}{b}}$$

und nach Einführung des ursprünglichen Wertes $4f^2=a$

$$43)\quad \varkappa=\frac{\frac{64}{3}\cdot f^2\cdot b}{(8f^2-b^2)\cdot\sqrt{4f^2+b^2}+\frac{b^2\cdot(16f^2+b^2)}{2f}\cdot\ln\frac{2f+\sqrt{4f^2+b^2}}{b}}.$$

Drückt man die halbe Flußbreite b als ein Vielfaches der größten Tiefe f aus, so wächst, wie aus dem Aufbau der Gleichung ersichtlich, der erste Faktor des zweiten Nennergliedes sehr rasch zu einer großen Zahl an (z. B. bei $b=100f$ auf rd. 500 000 000 000), und mit dieser Zahl ist dann ein log. nat. zu multiplizieren. Daraus folgt, daß man zur Erreichung eines richtigen Schlußergebnisses sowohl die Wurzel als auch den Logarithmus auf eine entsprechend große Anzahl von Dezimalstellen genau zu berechnen hat. Das Endergebnis nähert sich naturgemäß mit wachsendem b dem Werte 1.

Um eine Übersicht über die tatsächlichen Werte $\varkappa$ zu bieten, wurde für die untersuchten Querschnittsformen, und zwar für mehrere Verhältniswerte $\frac{a}{t}$ und $\frac{b}{f}$, der Wert $\varkappa$ ermittelt und in nachstehender Tabelle zusammengestellt. Des besseren Vergleiches wegen sind jedoch bei den Trapezquerschnitten die Sohlenbreite a und bei den Parabelquerschnitten die halbe Spiegelbreite b jedesmal durch die ganze Spiegelbreite B des Querschnittes ausgedrückt worden.

Zusammenstellung der Beiwerte $\varkappa$

für die Schleppkraftgleichung $S=\varkappa\cdot\gamma\cdot t\cdot J$ t/qm, berechnet für verschiedene Verhältnisse von Spiegelbreite B und Wassertiefe t bzw. f. (Vgl. Abb. 3 und 4.)

Querschnittsform	Böschung $1:n$	Breitenverhältnis	$B=2t$ $B=2f$	$B=4t$ $B=4f$	$B=6t$	$B=8t$	$B=10t$ $B=10f$	$B=20t$ $B=20f$	Abgekürzt aus
Trapez	$n=1$	$B=a+2t$	0,71 $a=0$	0,88	0,92	0,94	0,96	0,98	—
Trapez	$n=2$	$B=a+4t$	—	0,90 $a=0$	0,95	0,96	0,97	0,99	—
Trapez	$n=3$	$B=a+6t$	—	—	0,95 $a=0$	0,97	0,98	0,99	—
Trapez	$n=4$	$B=a+8t$	—	—	—	0,97 $a=0$	0,98	0,99	0,992
Trapez	$n=5$	$B=a+10t$	—	—	—	—	0,98 $a=0$	0,99	0,993
Parabel		$B=2b$	0,76	0,92	—	—	0,98	1,0	0,996

Man sieht, daß überall bereits bei einer Flußbreite gleich der zehnfachen größten Tiefe der Wert k nahezu gleich 1 wird und selbst bei sehr schmalen und tiefen Flüssen nur wenig kleiner als 1 ist. Auch der Einfluß der Form des Flußbettes ist nicht wesentlich, so daß die für mathematische Querschnitte abgeleiteten Ergebnisse auch auf natürliche Querschnitte übertragen werden dürfen. Der Einfluß der

Vergrößerung des Umfanges durch Unregelmäßigkeiten erscheint unwesentlich.

Man kann demnach, ohne einen nennenswerten theorethischen Fehler zu begehen, in allen Fällen der Praxis, auch bei geschlossenen Flußquerschnitten, den Wert $k = 1$, also die Formel $S = \gamma t J$ t/qm anwenden, wogegen Laboratoriumsversuche allerdings die genauere Berücksichtigung des Wertes k erfordern.

c) Wirkung der Schleppkraft bzw. der Sohlengeschwindigkeit auf Böschungen.

Die Wirkung der Schleppkraft ist naturgemäß an einer Böschung größer als auf der wagerechten Sohle. Kreuter[13]) drückt diese Veränderung der Wirkung durch die Beziehung aus:

$$44)\qquad \frac{S_o'}{S_o} = \frac{t_o'}{t_o} = \frac{\sin\varrho - \sin\alpha}{\sin\varrho + \sin\alpha}.$$

Darin bedeutet S_o und t_o Schleppkraftsgrenzwert und Tiefe auf wagerechter Sohle, S_o' und t_o' dasselbe an einer Böschung vom Neigungswinkel α, ϱ den natürlichen Böschungswinkel über Wasser.

Wie man aus dem Vergleich Kreuters mit dem Wöhlerschen Gesetz wohl annehmen darf, ist die Formel auf dem Wege des Versuches an der Hand von Messungen in natürlichen Gerinnen abgeleitet worden.

Man kann jedoch auch versuchen, auf theoretischem Wege einen Einblick in die Verhältnisse zu erhalten.

Die Bezeichnungen seien die gleichen wie vorhin, außerdem bedeute: ϱ den natürlichen Böschungswinkel des betreffenden Erdreiches unter Wasser (ruhiges Wasser, jedoch Erschütterung des Erdreichs), μ den Reibungswert einzelner Teile desselben beim Böschungswinkel ϱ, G das Gewicht eines einzelnen Teiles oder eines Gemengestückes.

Auf der Böschung ruhe ein Geschiebe vom Gewicht G.

Für den Grenzzustand des Gleichgewichts im ruhenden Wasser bei Erschütterung des Erdbodens ist (Abb. 5)

$$45)\qquad G \cdot \sin\varrho = \mu \cdot G \cdot \cos\varrho,$$

also ist

$$46)\qquad \mu = \operatorname{tg}\varrho.$$

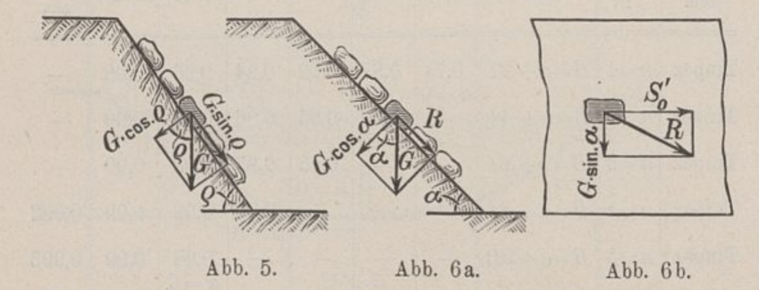


Abb. 5. Abb. 6a. Abb. 6b.

Bei einer unter α geneigten und einer Schleppkraft S_o' ausgesetzten Böschung gilt für den Grenzzustand des Gleichgewichts mit Bezug auf Abb. 6a und 6b

$$47)\qquad R = \mu \cdot G \cdot \cos\alpha, \quad \text{darin}$$

$$48)\qquad R = \sqrt{S_o^{2\prime} + G^2 \cdot \sin^2\alpha}.$$

Für $\alpha = 0$, also für die wagerechte Sohle, wird $R = S_o$, also

$$49)\qquad S_o = \mu \cdot G.$$

Gesucht wird die Größe S_o'.

Durch Einsetzung der bezüglichen Werte in Gleichung 47 und Quadrierung ergibt sich:

$$S_o'^2 + G^2 \cdot \sin^2\alpha = \mu^2 \cdot G^2 \cdot \cos\alpha^2$$

$$S'^2 = \mu^2 G^2 \left(\cos^2\alpha - \frac{\sin^2\alpha}{\mu^2}\right)$$

$$S_o'^2 = S_o^2 \cdot (\cos^2\alpha - \sin^2\alpha \cdot \operatorname{ctg}^2\varrho)$$

$$50)\qquad S_o' = S_o \cdot \sin\alpha \sqrt{\operatorname{ctg}^2\alpha - \operatorname{ctg}^2\varrho}.$$

Willkürlichkeiten der Theorie, berücksichtigt man durch einen Erfahrungswert η, schreibt also

$$51)\qquad \boldsymbol{\frac{S_o'}{S_o} = \sin\alpha \sqrt{\operatorname{ctg}^2\alpha - \eta \cdot \operatorname{ctg}^2\varrho}}.$$

Eine Bodenart mit dem natürlichen Böschungswinkel ϱ und dem Schleppkraftsgrenzwert S_o hat also auf Böschungen vom Neigungswinkel α nur einen Schleppkraftgrenzwert

$$S_o' = S_o \cdot \sin\alpha \cdot \sqrt{\operatorname{ctg}^2\alpha - \eta \operatorname{ctg}^2\varrho}.$$

Setzt man Gültigkeit der Du Boysschen Gleichung auch auf der Böschung voraus, dann wird

$$52)\qquad \frac{t_o'}{t_o} = \frac{S_o'}{S_o}.$$

In Worten: Widersteht ein derartiger Bettungsstoff bei bestimmtem Gefälle bis zur Tiefe t_o, so widersteht er auf Böchungen nur bis zur Tiefe

$$t_o' = t_o \cdot \sin\alpha \sqrt{\operatorname{ctg}^2\alpha - \operatorname{ctg}^2\varrho}.$$

Rechnet man nicht mit Schleppkräften, sondern mit Sohlengeschwindigkeiten, so ergibt sich für die entsprechenden Sohlengeschwindigkeitsgrenzwerte nach Gleichung 12 die Beziehung

$$\frac{\dfrac{\varphi \cdot \gamma_o \cdot v_{\sigma o}'^2}{2g}}{\dfrac{\varphi \cdot \gamma_o \cdot v_{\sigma o}^2}{2g}} = \frac{S_o'}{S_o} = \frac{t_o'}{t_o}.$$

Da $\sqrt{\gamma_o} \cdot v_{\sigma o} = \sigma_o$ ist, und γ_o unveränderlich bleibt, wird

$$53)\qquad \boldsymbol{\frac{\sigma_o'^2}{\sigma_o^2} = \frac{v_{\sigma o}'^2}{v_{\sigma o}^2} = \frac{t_o'}{t_o} = \sin\alpha \cdot \sqrt{\operatorname{ctg}^2\alpha - \eta \cdot \operatorname{ctg}^2\varrho}}.$$

In Worten: Ein Bettungsstoff mit dem natürlichen Böschungswinkel ϱ (unter Wasser bei Erschütterung) und dem Schleppgeschwindigkeitsgrenzwert σ_o hat auf Böschungen vom Neigungswinkel α nur einen Schleppgeschwindigkeitsgrenzwert

$$\sigma_o' = \sigma_o \cdot \sqrt{\sin\alpha : \sqrt{\operatorname{ctg}^2\alpha + \eta \cdot \operatorname{ctg}^2\varrho}}.$$

Wie ersichtlich, müßten sich außerdem im Grenzzustande des Gleichgewichts die Sohlengeschwindigkeiten wie die Wurzeln aus den Tiefen verhalten, wenn die als Voraussetzung genommene Beziehung $S = f(t)$ zu Recht bestehen sollte. Es wurde bereits darauf hingewiesen, daß dieses für steile Wände nicht gelten kann.

13) Im Original lautet die Gleichung:
$$\frac{S}{S_0} = \frac{t}{t_0} = \frac{\sin\varrho - \sin\alpha}{\sin\varrho + \sin\alpha}.$$
Vgl. Zeitschr. d. österr. Ing.- und Arch.-Vereins 1904. Handb. d. Ing.-Wissensch., Teil III, Bd. 6, Seite 18 (1910).

d) Wirkung der Schleppkraft oder Sohlengeschwindigkeit auf stark geneigter Sohle.

Es war bisher vorausgesetzt worden, daß die Ermittlung der Schleppkraftswerte S_o auf wagerechter oder sehr schwach

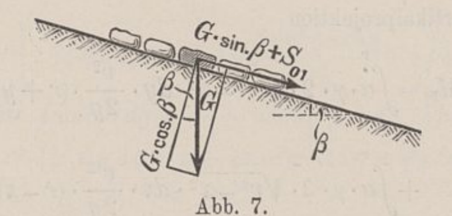


Abb. 7.

geneigter Sohle erfolgt. Auf einer im Winkel β geneigten Sohle wird dagegen der Schleppkraftsgrenzwert (vgl. Abb. 7)

54) $$S_{o1} + G \cdot \sin\beta = \mu \cdot G \cdot \cos\beta$$

$$S_{o1} = \mu \cdot G \cdot \left(\cos\beta - \frac{1}{\mu} \cdot \sin\beta\right).$$

Es war nach Gleichung 49: $S_o = \mu \cdot G$

und nach Gleichung 46: $\mu = \operatorname{tg}\varrho$.

Also wird

55) $$S_{o1} = S_o \cdot (\cos\beta - \operatorname{ctg}\varrho \cdot \sin\beta)$$

56) $$S_{o1} = S_o \cdot \sin\beta\,(\operatorname{ctg}\beta - \operatorname{ctg}\varrho)$$

oder mit Hinzufügung eines Erfahrungswertes ϑ

57) $$S_{o1} = \frac{t_{o1}}{t_o} = \sin\beta \cdot (\operatorname{ctg}\beta - \vartheta \cdot \operatorname{ctg}\varrho).$$

Bei Anwendung auf die Rechnung mit Sohlengeschwindigkeiten wird in Anlehnung an Gleichung 53

58) $$\frac{\sigma^2}{\sigma_o^2} = \frac{v_{io}'^2}{v_{io}} = \frac{t_o'}{t_o} = \sin\beta \cdot (\operatorname{ctg}\beta - \vartheta\operatorname{ctg}\varrho)$$

In Worten: Ein Bettungsstoff mit dem natürlichen Böschungswinkel ϱ (unter Wasser bei Erschütterung) und den Grenzwerten S_o bzw. σ_o hat auf einer unter β geneigten Sohle die Grenzwerte

$$S_o' = S_o \cdot \sin\beta\,(\operatorname{ctg}\beta - \vartheta \cdot \operatorname{ctg}\varrho) \text{ bzw.}$$

$$\sigma_o' = \sigma_o \cdot \sqrt{\sin\beta\,(\operatorname{ctg}\beta - \vartheta \cdot \operatorname{ctg}\varrho)}.$$

e) Schleppkraftgröße bei verzögerter und beschleunigter Bewegung.

Hat das Wasser bei sonst bettparallelem Abfluß infolge irgend einer Ursache, beispielsweise infolge glatter Felssohle, eine beschleunigte Bewegung, so wird unterhalb eine größere Schleppkraft zu erwarten sein als sie die Du Boyssche Gleichung anzeigt. Man könnte hier mit höherem Sicherheitswert rechnen, doch gibt es noch andere Wege. Das theoretisch Richtigste wäre die Rechnung mit Sohlengeschwindigkeiten. Zweckmäßiger dürfte aber meistens die Rechnung mit der mittleren Geschwindigkeit sein $\left(S = \frac{\gamma}{c^2} \cdot v_m'^2\right)$, wenigstens bei Entwurfsarbeiten. Dies ist natürlich eine Annäherung, da das Verhältnis $\frac{v'_m}{v_\sigma}$ hier voraussichtlich ein anderes ist als im Beharrungszustande, und da außerdem die Gleichung 22 nur für unbegrenzte Querschnitte gilt, wogegen im geschlossenen Querschnitt der Wert c für die einzelnen Senkrechten sicherlich ein anderer ist als der Querschnitts-Mittelwert c der Gleichung $v = c \cdot \sqrt{RJ}$. Das gleiche gilt für verzögerte Bewegung.

f) Schleppkraftgröße bei Unparallelität von Bett und Strömung.

In allen Fällen wo starke, von der Parallelität wesentlich abweichende Strömungen Sohle oder Ufer treffen, verliert die Schleppkraftsgleichung jede Berechtigung, und man muß die Regeln des Wasserstoßes anwenden. Für die Praxis dürfte sich eine empirische Theorie etwa wie nachfolgend empfehlen: Das Wasser vom Einsturzgewicht γ treffe eine Uferwand unter einem Winkel δ und mit einer Geschwindigkeit v. Denkt man sich v in seine beiden Seitenkräfte senkrecht zur Wand und parallel dazu zerlegt, so erhält man die Sohlengeschwindigkeiten $v \cdot \sin\alpha$ und $v \cdot \cos\alpha$.

Demgemäß ist fur ein Flächenstück F der Normalstoß

59) $$N = \zeta \cdot \gamma \cdot F \cdot \sin^2\delta \cdot \frac{v^2}{2g}$$

und der als Reibungsstoß zu bezeichnende Tangentialstoß

60) $$T = \psi \cdot \gamma \cdot F \cdot \cos^2\delta \cdot \frac{v^2}{2g}.$$

Jede dieser Angriffsarten erstrebt eine Zerstörung der Uferwand, ihre Wirkungen summieren sich zu einem Gesamtangriff

61) $$A = \frac{\gamma \cdot F \cdot v^2}{2g}(\zeta \cdot \sin^2\delta + \psi \cdot \cos^2\delta)$$

oder für die Flächeneinheit

62) $$\boldsymbol{A = \frac{\gamma \cdot v^2}{2g} \cdot (\zeta \cdot \sin^2\delta + \psi \cdot \cos^2\delta)}.$$

Der Wert ψ ist im Vergleich zu ζ gering. Beide Werte wären für verschiedene Boden- und Geschiebearten durch Versuche zu ermitteln. Die ebenfalls benötigten Grenzwerte A_o würden sich voraussichtlich in eine Beziehung zu S_o^r bringen lassen.

Wie aus der Ableitung der Gleichung ersichtlich, stellt sie nur wenig mehr als eine empirische Formel dar. Dasselbe gilt natürlich auch für die Gleichungen 51, 53, 57, 58. Liefern daher Versuchsformeln der Praxis im Einzelfall zutreffendere Ergebnisse, so wird man diese vorziehen.

V. Versuche und Beobachtungen in Versuchsgerinnen und natürlichen Wasserläufen.

Mit der Frage, ob die Schleppkraft in begrenzten Wasserläufen bei nicht zu steilen Ufern mit der Tiefe wächst, steht und fällt die praktische Brauchbarkeit der Du Boysschen Gleichung. Wie bereits erwähnt, erscheint diese Annahme sehr wahrscheinlich, bedarf aber unbedingt der Bestätigung durch Versuche.

a) Laboratoriumsversuche.

Herr Professor Engels hatte sich bisher der wenig dankbaren, aber daher um so dankenswerteren Arbeit unterzogen, das Schleppkraftsgesetz durch Versuche nachzuprüfen. Diese Arbeiten haben wesentlich dazu beigetragen, das Interesse an der Sache wachzuhalten und die ganze Angelegenheit durch Meinungsaustausch zu klären. Hoffentlich werden derartige Versuche weiter fortgesetzt, und zwar besonders nach der Seite der Variation der Schleppkraft innerhalb des Querschnittes.

Es erscheint jedenfalls zweckmäßiger, die Schleppkraft in ihrer Beziehung zur Geschiebebewegung genauer zu er-

forschen und gegebenenfalls hieraus Schlüsse auf die Sohlengeschwindigkeit zu ziehen, als umgekehrt.

Bei der Benutzung von Einzelkörpern als Versuchsträger wird man leider stets auf Einzelschleppkräfte, unter Umständen sogar auf Treibkräfte hinauskommen. Betrachten wir daraufhin die zweiten Engelsschen [14]) Versuche.

Da die Versuchskugel ihre ganze Vertikalprojektion dem Stoßvermögen des Wassers aussetzte, so konnte die mittlere Schleppkraft der Sohle nicht gemessen werden. Es wurde vielmehr nur die Einzelschleppkraft bestimmt, die in diesem Sonderfall sogar nahezu wesensgleich der Treibkraft war. Daß sich die Einzelschleppkraft, deren Wert den der mittleren Schleppkraft um ein vielfaches (etwa 28) übersteigen mußte, als proportional dem Werte $t \cdot J$ ergab, ist wohl dadurch zu erklären, daß die Kugel klein genug gewählt war, um ziemlich im Bereiche derjenigen Sohlengeschwindigkeiten zu bleiben, deren Einwirkung auf die Gefäßwände die mittlere Schleppkraft bedingte. Der theoretische Mehrbetrag bei Versuch III (Verhältniszahl 2,2 gegen 1,9) läßt sich durch den vernachlässigten, hier sehr großen Einfluß der Seitenwände verstehen. [15]) Anderseits hätte sich jedoch auch nach den vorangegangenen Entwicklungen eine angenäherte Übereinstimmung der gemessenen Stoßkräfte mit den Werten ergeben müssen, welche die Anwendung der Stoßformel für die Sohlengeschwindigkeit liefert. Der Grund dafür, daß dieses nicht der Fall war, ist wahrscheinlich darin zu suchen, daß die Rechnung mit einem Mittelwerte der Sohlengeschwindigkeit in dem Sonderfall des Versuches ein unzutreffendes Ergebnis lieferte.

In Abb. 8 sind die wahrscheinlichen Geschwindigkeitslinien und die Kugel stark verzerrt dargestellt worden. Bei

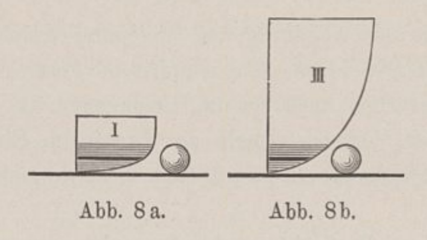


Abb. 8a. Abb. 8b.

Versuch I bedingt geringe Tiefe und starkes Gefälle eine kräftige Mischung aller Wasserteilchen. Die Geschwindigkeitslinie wird hier die Sohle flach tangieren und dann

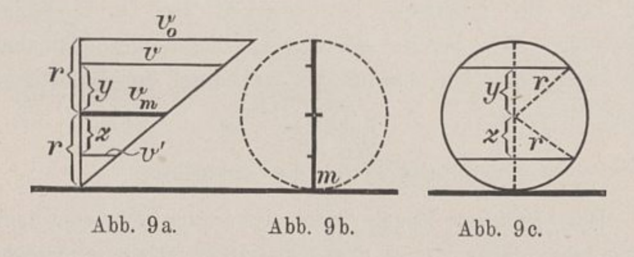


Abb. 9a. Abb. 9b. Abb. 9c.

plötzlich scharf ansteigen. Bei Versuch III bedingt dagegen die große Tiefe und das geringe Gefälle ein kurzes Tangieren und gleichmäßiges Ansteigen der Linie.

---

14) Zentralbl. d. Bauverw. 1908, Seite 677 u. fgd.

15) Vgl. Zentralbl. d. Bauverw. 1908, Seite 318; Zentralbl. d. Bauverw. 1909, Seite 491 (Krey). Gleichung 27 mit $n = o$ gibt ebenfalls einen Einblick, wenn auch die Annahme $S = f(t)$ hier sicherlich nicht zutrifft.

Es möge das Stoßmoment fließenden Wassers mit dreieckiger Geschwindigkeitsverteilung für den Drehpunkt m einer Kugel ermittelt werden.

Mit Bezug auf die bekannten Gesetze des Wasserstoßes und die Bezeichnungen der Abb. 9 wird das Stoßmoment für die Vertikalprojektion

$$63)\quad M_m = \int_0^r \alpha \cdot \gamma \cdot 2 \cdot \sqrt{r^2 - y^2} \cdot dy \cdot \frac{v^2}{2g} \cdot (r + y) + \int_0^r \alpha \cdot \gamma \cdot 2 \cdot \sqrt{r^2 - z^2} \cdot dz \cdot \frac{v'^2}{2g} \cdot (r - z).$$

Darin bezeichnet: α einen Stoßwert, γ das Einheitsgewicht des Wassers, v bzw. v' Geschwindigkeiten in Entfernungen y bzw. z vom Mittelpunkt.

Nimmt man näherungsweise einen Ausgleich der verschiedenen Werte α an und rechnet daher α konstant, dann wird unter Einsetzung von

$$64)\quad v = \frac{v_o \cdot (r + y)}{2r} \quad \text{und} \quad v' = \frac{v_o \cdot (r - z)}{2r}$$

$$65)\quad M_m = \int_0^r 2 \cdot \gamma \cdot 2 \cdot \sqrt{r^2 - y^2} \cdot dy \cdot \frac{v_o^2 \cdot (r + y)^2}{4r^2 \cdot 2g} \cdot (r + y) + \int \alpha \cdot \gamma \cdot 2 \sqrt{r^2 - z^2} \cdot dz \cdot \frac{v_o^2 \cdot (r - z)^2}{4r^2 \cdot 2g} \cdot (r - z).$$

66) Es heiße $\frac{\alpha \cdot \gamma \cdot v_o^2}{4r^2 g} = C$, dann wird

$$67)\quad M_m = C \cdot \int_0^r \sqrt{r^2 - y^2} \cdot (r + y)^3 \cdot dy + C \cdot \int_0^r \sqrt{r^2 - z^2} \cdot (r - z)^3 \cdot dz.$$

Setzt man $y = r \cdot \sin\varphi$, dann wird

$$68)\quad \sqrt{r^2 - y^2} = r \cdot \sqrt{1 - \sin^2\varphi} = r \cdot \cos\varphi,$$

$$69)\quad r + y = r \cdot (1 + \sin\varphi),$$

$$70)\quad r - y = r \cdot (1 - \sin\varphi),$$

$$71)\quad dy = r \cdot \cos\varphi \cdot d\varphi.$$

Entsprechende Werte ergeben sich, wenn $z = r \cdot \sin\psi$ gesetzt wird. Demnach wird

$$M_m = C \cdot \int r \cdot \cos\varphi \cdot r^3 \cdot (1 + \sin\varphi)^3 \cdot r \cdot \cos\varphi \cdot d\varphi + C \cdot \int r \cdot \cos\psi \cdot r^3 \cdot (1 - \sin\psi)^3 \cdot r \cdot \cos\psi \cdot d\psi,$$

$$M_m = C \cdot r^5 \int \cos^2\varphi \cdot (1 + \sin\varphi)^3 \cdot d\varphi + C \cdot r^5 \int \cos^2\psi \cdot (1 - \sin\psi)^3 \cdot d\psi.$$

Es ist

$$\cos^2\varphi \cdot (1 + \sin\varphi)^3 = \cos^2\varphi \cdot (1 + 3 \cdot \sin\varphi + 3 \cdot \sin^2\varphi + \sin^3\varphi),$$

$$\cos^2\psi \cdot (1 - \sin\psi)^3 = \cos^2\psi \cdot (1 - 3 \cdot \sin\psi + 3 \cdot \sin^2\psi - \sin^3\psi),$$

$$\cos^2\varphi \cdot (1 + \sin\varphi)^3 = \cos^2\varphi + 3 \cdot \sin\varphi \cdot \cos^2\varphi + 3 \cdot \sin^2\varphi \cdot \cos^2\varphi + \sin^3\varphi \cdot \cos^2\varphi.$$

$$\cos^2\psi \cdot (1 - \sin\psi)^3 = \cos^2\psi - 3 \cdot \sin\psi \cdot \cos^2\psi + 3 \cdot \sin^2\psi \cdot \cos^2\psi - \sin^3\psi \cdot \cos^2\psi.$$

Es war $\quad y = r \cdot \sin\varphi \quad$ und $\quad z = r \cdot \sin\psi.$

Ferner sind die Grenzen:

$$\int_{y=0}^{y=r} f(y)\, dy = \int_{\sin\varphi=0}^{\sin\varphi=1} f(\varphi)\, d\varphi = \int_0^{\frac{\pi}{2}} f(\varphi)\, d\varphi,$$

$$\int_{z=0}^{z=r} f(z)\, dz = \int_{\sin\psi=0}^{\sin\psi=1} f(\psi)\, d\psi = \int_0^{\frac{\pi}{2}} f(\psi)\, d\psi.$$

Entsprechende Integrale von $f(\varphi)$ und $f(\psi)$ können also als $\int f(\varrho)\,d\varrho$ vereinigt werden. Daher wird

$$M_m = C \cdot r^5 \cdot \int_0^{\frac{\pi}{2}} (2 \cdot \cos^2\varrho + 6 \sin^2\varrho \cdot \cos^2\varrho) \cdot d\varrho,$$

$$M_m = C \cdot r^5 \left[2 \cdot (\tfrac{1}{4} \sin 2\varrho + \tfrac{1}{2}\varrho) + 6 \cdot \left(\frac{\sin^3\varrho \cdot \cos\varrho}{4} + \tfrac{1}{4} \int \sin^2\varrho \cdot 1 \cdot d\varrho \right) \right].$$

Es ist $\int \sin^2\varrho \cdot d\varrho = -\tfrac{1}{4} \cdot \sin 2\varrho + \tfrac{1}{2}\varrho$. Also wird

$$M_m = C \cdot r^5 \cdot [\tfrac{1}{2} \cdot \sin 2\varrho + \varrho + \tfrac{3}{2} \sin^3\varrho \cdot \cos\varrho - \tfrac{6}{16} \cdot \sin 2\varrho + \tfrac{6}{8}\varrho].$$

$$M_m = C \cdot r^5 \cdot \int_0^{\frac{\pi}{2}} [\tfrac{1}{8} \sin 2\varrho + \tfrac{14}{8}\varrho + \tfrac{3}{2} \sin^3\varrho \cdot \cos\varrho],$$

$$M_m = C \cdot r^5 \left[0 + \frac{14}{8} \cdot \frac{\pi}{2} + 0 - 0 - 0 - 0 \right],$$

$$M_m = \tfrac{7}{8}\, C \cdot r^5 \pi$$

oder mit Einsetzung des Wertes C aus Gleichung 66

$$72)\qquad M_m = \frac{7 \cdot \alpha \cdot \gamma \cdot v_0^2 \cdot r^3 \cdot \pi}{32\, g}.$$

Wollte man dagegen das Stoßmoment unter Benutzung einer in Mittelpunkthöhe angreifenden mittleren Geschwindigkeit v_m berechnen, so würde sich ergeben:

$$73)\qquad M_m' = \alpha \cdot \gamma \cdot r^2 \cdot \pi \cdot \frac{v_m^2}{2g} \cdot r$$

oder, da $v_m = \frac{v_0}{2}$,

$$74)\qquad M_m' = \frac{\alpha \cdot \gamma \cdot v_0^2 \cdot r^3 \cdot \pi}{8g}.$$

Man erhält also auf diese Weise rechnerisch nur etwa 57 vH. des tatsächlich wirksam gewesenen Stoßwertes. Ähnlich wie bei dieser dreieckigen Geschwindigkeitslinie, die aus Gründen der Einfachheit gewählt wurde, können die Verhältnisse bei Versuch III gelegen haben, und es ist in Anbetracht des obigen Rechnungsergebnisses und der großen Schwierigkeit derartiger Messungen sehr gut denkbar, daß im Falle III die Stoßformel in der Form der dort gewählten Anwendung einen zu geringen Wert ergeben konnte, während die gleichmäßiger verteilte Geschwindigkeit des Falles I ein richtigeres Ergebnis ermöglichte.

Mußte auch aus den unmittelbaren Rechnungswerten der Engelsschen Versuche gefolgert werden, daß die Stoßformel für die Sohlengeschwindigkeit nicht anwendbar sei (Zentralblatt der Bauverwaltung 1908, S. 680, Satz 3), so dürfte man diese Folgerung nach der obigen Betrachtung wohl dahin ergänzen:

Die Stoßformel ist auch für die Sohlengeschwindigkeit anwendbar, doch kann infolge starken Geschwindigkeitswechsels die Rechnung mit einer **mittleren** Sohlengeschwindigkeit in einzelnen Sonderfällen falsche Ergebnisse liefern. Wo ein solcher Fall zu vermuten ist, müßte man integrieren, falls sich die Grundlagen dazu ermitteln lassen, andernfalls bliebe nur Schätzung übrig.

Wollte man bei Versuchen mit einer Einzelkugel eine mittlere Schleppkraft feststellen, so müßte man beispielsweise das ganze Versuchsgerinne mit gleichen Kugeln wie die allein frei bewegliche Versuchskugel fest auskleiden. Abgesehen von den großen Kosten würde aber auch dieses Verfahren nicht genau genug sein, um darauf eine einwandfreie Theorie zu gründen. Zweckmäßiger wäre vielleicht folgende Anordnung:

Das Versuchsgerinne wird mit Kugeln, oder billiger mit grobem, äußerst gleichmäßig gesiebtem Kies in voller Länge ausgekleidet, wobei der Kies beispielsweise auf einen dicken Asphaltanstrich gelegt und mit heißer Walze gleichmäßig festgedrückt wird. Soll nur die Gleichung $S = \gamma t J$ nachgewiesen werden, so liegt eine grobe Auskleidung an der Sohle, während die tunlichst weit voneinander entfernten

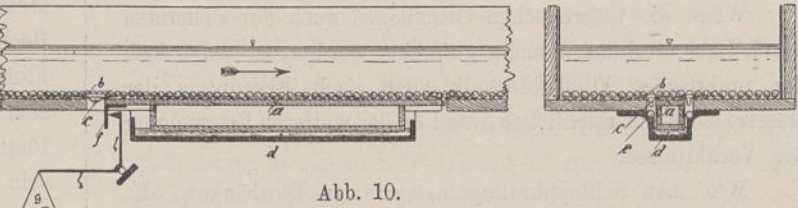


Abb. 10.

Seitenwände mit Glasscheiben belegt sind; bei Querschnittversuchen sind dagegen auch die Böschungen rauh gemacht. Als Versuchsträger dienen einzelne Teile der Sohle oder Böschungen, und zwar werden sie zur Verringerung von Versuchsfehlern möglichst groß gewählt. Abb. 10 zeigt schematisch und verzerrt Längs- und Querschnitt eines Versuchsgerinnes für den Nachweis der Beziehung $S = \gamma t J$.

Aus der Mitte der Sohle ist ein langes, schmales Stück a (z. B. 1 m lang und 10 bis 20 cm breit) herausgeschnitten und mit 0,3 bis 0,5 cm Spielraum wieder eingefügt, nachdem sämtliche Kanten mit hochgebörteltem Blech b eingefaßt wurden und der bewegliche, wasserdichte Abschluß durch zwischengeschraubte Streifen c aus bestem Patentgummi von etwa $^1/_{10}$ bis $^1/_2$ mm Stärke (je nach Wasserdruck) hergestellt ist. Das lose eingehängte Sohlenstück schwimmt in einem Quecksilberbad d und wird durch kleine Rollen oder Kugeln e geführt. Gegen eine Nase f des Sohlenstückes wirkt der Hebelarm L_1 einer Wage. Zuerst werden für verschiedene Füllhöhen des Gerinnes diejenigen Gewichte g ermittelt, die nötig sind, um bei ruhigem Wasser die Reibungswiderstände der ganzen Vorrichtung zu überwinden und das Sohlenstück in Bewegung zu setzen. Alsdann wird bei bewegtem Wasser nach Eintritt des Beharrungszustandes Gefälle, Fülltiefe und Schleppkraft für verschiedene Änderungen von Fülltiefe und Gefälle unter Auflegen von Gewichten G gemessen. Die entsprechende, auf das Sohlenstück von der Fläche F entfallende, Schleppkraft ist dann

$$S' = (G - g) \cdot \frac{l_2}{l_1}$$

und die Schleppkraft auf die Flächeneinheit

$$S = \frac{G - g}{F} \cdot \frac{l_2}{l_1}$$

Ähnliche Vorrichtungen könnte man anwenden, um das Gesetz der Veränderlichkeit der Schleppkraft innerhalb eines Querschnittes zu finden. Auch hier würde man Streifen von etwa 5 bis 10 cm Breite und 0,5 bis 1 m Länge aus der Böschung des Versuchsgerinnes herausschneiden und zwar in verschiedenen Höhen mit und ohne Bestehenlassen fester Zwischenstücke der Wand. Das Gewicht der lose einge-

hängten Streifen wäre ähnlich wie vorhin durch ein Quecksilberbad aufzunehmen; dazu tritt hier noch ein System kleiner Rollen oder Kugeln, die den Seitendruck des Wassers aufzunehmen und die losen Böschungsstreifen in richtiger Lage zu halten hätten. Die Reibungsgröße der Versuchsvorrichtung würde ähnlich wie vorhin bestimmt.

b) Beobachtung der Geschiebebewegung in natürlichen Wasserläufen. Feststellung der Schleppkraftsgrenzwerte und Sohlengeschwindigkeitsgrenzwerte.

Wenn die theoretischen Grundlagen auch am sichersten durch Laboratoriumsversuche gefunden werden, so bleibt doch der praktischen Flußbautechnik auch nach Erkenntnis der Gesetze noch ein reichlicher Anteil an der weiteren Erforschung der Verhältnisse.

Wie man Schleppkraftsgrenzwerte an Kiesbänken, die über Niedrigwasser hervorragen, annähernd feststellen kann, darüber hat Kreuter [16]) wertvolle Fingerzeige gegeben. Wo Geschiebebänke bei Niedrigwasser nicht hervortreten, oder wo starke Veränderung der Strömung bei fallendem Wasser noch eine Umlagerung der Bänke erwarten läßt, sowie in allen Fällen, wo Geschwindigkeitsgrenzwerte gesucht werden, wird man noch nach anderen Mitteln suchen müssen. Vor allem ist an Laboratoriumsversuche mit natürlichen Geschieben zu denken, doch müßten sie in größtem Maßstab ausgeführt werden. Über viele Fragen würde eine unmittelbare Beobachtung des Flußgrundes Aufschluß geben können, wofür Verfasser die aus der schematischen Abb. 11 ersichtliche Vorrichtung ersonnen hat, die er „Wasserkamera" nennen möchte.

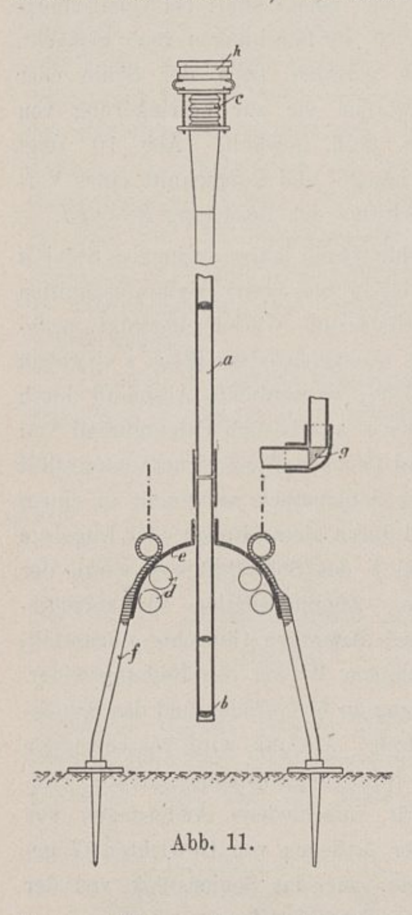


Abb. 11.

In einem Metallrohr a von etwa 4 bis 5 cm Lichtweite und einer Länge, die größer ist als die größte Wassertiefe, befindet sich unten ein durch ein auswechselbares Planglas geschützter Doppelanastigmat b von etwa 6 cm Brennweite und etwa $\frac{f}{3,5}$ Lichtstärke. (Kurze Brennweite und große Lichtstärke sind Bedingung, um möglichst dicht an den Flußgrund heranzukommen, ohne ein zu kleines Bildfeld zu erhalten, ferner, um trotz großer Lichtstärke befriedigende Schärfe auch bei wenig genauer oder schwankender Einstellung zu erhalten.) Mittels eines optischen Zwischensystems wird das Bild des Objektivs b auf die Mattscheibe einer kameraartigen Vorrichtung c gebracht, wo es scharf eingestellt werden kann.

16) Handb. d. Ing.-Wissensch., Teil III, Bd. 6, Seite 49 (1910).

Oberhalb des Objektivs b befindet sich eine elektrische Lichtquelle d, deren Licht durch einen Reflektor e auf die Flußsohle geworfen wird. Als Beleuchtung dienen Intensiv-Metallfadenlampen von etwa 500 HK oder besser ringförmig umgelegte Quecksilber-Bogenlampen, die ein stark aktinisches Licht geben. Die Lichtquelle muß so kräftig wie möglich sein, also mindestens einige Tausend HK betragen. An dem massiv gebauten Reflektor sind zwei kräftige Einzelstützen f abschraubbar befestigt, deren spitze Fortsätze bei der Beobachtung oder bei der Aufnahme bis in den unbeweglichen Flußgrund gestoßen werden. Die Länge der Spitzen richtet sich nach der Tiefe der beweglichen Schicht. Film oder Platten müssen von höchster Empfindlichkeit (30 bis 40° W) sein und ein relativ feines Korn haben, da alle Aufnahmen am besten vergrößert würden. Die Originalgröße der Aufnahmen dürfte 4×4 bis 5×5 cm betragen, so daß sich für die Einstellung und Beobachtung eine große, an der Kamera befestigte starke Lupe h empfehlen würde. Bei nicht zu trübem Wasser könnte der Apparat dazu dienen, die Vorgänge der Geschiebebewegung auf der Mattscheibe zu beobachten oder auch im Bilde festzuhalten. Zu große Annäherung an die Sohle würde die Geschiebebewegung beeinflussen. Senkrechte Verschiebbarkeit des optischen Rohres a in einem an dem Reflektor fest angeschlossenen Rohr, selbsttätige Fortschiebung des Filmbandes mit darauf folgender Belichtung in bestimmten Zeiträumen und ähnliche Vorrichtungen würden die Verwendbarkeit des Apparates erhöhen. Ein einschaltbares Kniestück mit Prisma g (Gewinde über dem Reflektor) würde gestatten, bei Bedarf Reflektor und Objektiv um 90° zu drehen, um undichte Spundwände und andere senkrechte Bauteile unter Wasser zu untersuchen oder zu photographieren, wodurch die Vielseitigkeit der Wasserkamera sich steigern ließe. Der hohe Preis und die geringe Sichtigkeit bei trübem Wasser sind allerdings Nachteile, die nicht verschwiegen werden dürfen.

Es sei hier eingeschaltet, daß für die Verwendung auf Baustellen auch statt des engen Rohres a ein etwa 30 cm weites Blechrohr genommen werden könnte, das unten durch eine einfache Glasscheibe abzuschließen wäre. Bei guter Lichtquelle und zweckmäßigem Reflektor könnte man dann nicht allein von oben Beobachtungen machen, sondern auch, allerdings mit sehr kleinem Bildwinkel, mittels Handkamera photographieren. Zur Beobachtung senkrechter Wände würde ein großes Kniestück mit gutem, unter 45° liegenden Glasspiegel genügen. Die Vorrichtung wäre äußerst billig und für viele Fälle ausreichend.

Für die Zwecke der Geschiebeforschung kommen neben optischen Apparaten auch mechanische Vorrichtungen in Betracht, die gegen jene noch den großen Vorzug der Billigkeit haben. Naturgemäß gibt es hier eine große Zahl konstruktiver Möglichkeiten, von denen einige Anordnungen herausgegriffen und in Vorschlag gebracht werden sollen. Die Anordnung nach Abb. 12 könnte beispielsweise dazu dienen, den Beginn der Bewegung des Oberflächengeschiebes und den weiteren Verlauf zu melden oder zu registrieren. Der Apparat heiße „Geschiebe-Grenzwertmesser".

Zwei grobzähnige Räder a sitzen auf gemeinsamer, in der Mitte als Schnecke b ausgebildeter Stahlwelle. Diese ist in einem bis über Wasser reichenden Stahlrohr c gelagert,

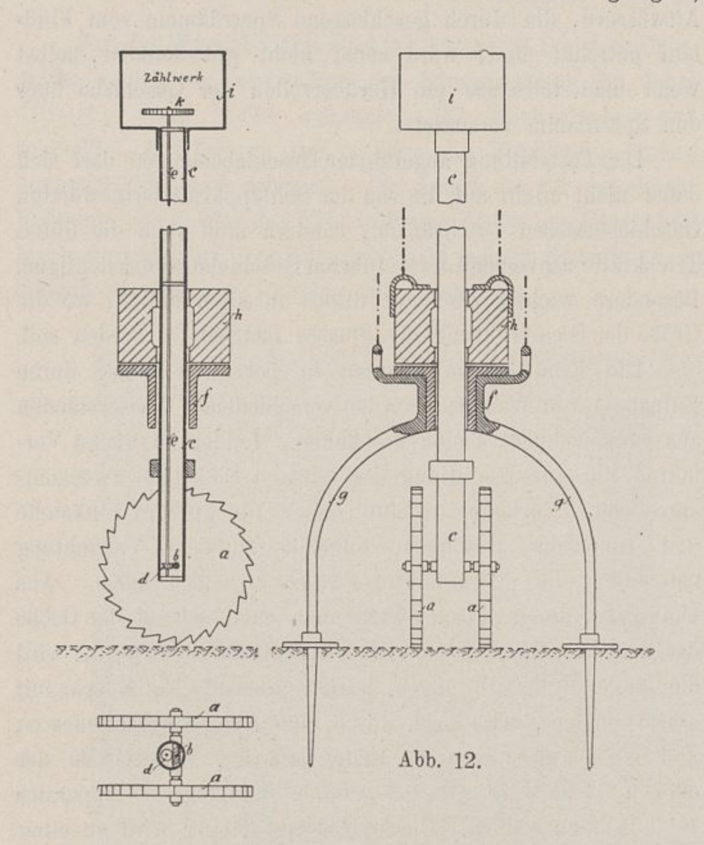


Abb. 12.

das einem kleinen, in die Scheibe eingreifenden Rädchen d mit angeschlossener senkrechter Welle e als Führung dient. Das Rohr c ruht senkrecht verschiebbar in einer kurzen Hülse f, an der zwei lange starke und spitze Eisen g befestigt sind, die mittels eines leichten Schlaggewichtes h bis in den unbeweglichen Flußgrund gerammt werden. In Ösen befestigte Ketten oder Seile dienen zum späteren Herausziehen dieser Füße, und eine Führung hält sie stets seitlich von den Rädern a. Die Welle e trägt oben in einem auf das Rohr c aufgesetzten Schutzgehäuse i ein Rad k, das in den Alarm- und Registrierapparat eingreift.

Der letztere wäre so auszubilden, daß kurz nach Beginn der Drehung des Rades k ein elektrischer Kontakt geschlossen würde, der seinerseits das Alarmwerk in der Wärterbude auslöst, damit Gefälle, Tiefe und Sohlengeschwindigkeit sofort gemessen würden. Auch ließe sich statt dessen die elektrische Einrichtung so treffen, daß an den Kontrollpegeln frei mit dem Wasser hochgehende kleine Schwimmer gleiten, an denen durch den vom Uhrwerk bewirkten Stromschluß gespannte Federn ausgelöst werden und einen spitzen Riegel in das Holz der Pegellatten treiben, der die Schwimmer festnagelt oder auch nur eine sichtbare Marke in das Holz der Pegel schlägt. Die Marke wäre nach jedem Versuch zu verkitten. Auf diese Weise könnte der Apparat alle zur Schleppkraftsbestimmung nötigen Werte selbsttätig messen, zumal, wenn unterhalb von Zeit zu Zeit Geschiebeproben unternommen würden.

Ganz ähnlich könnten auch Schleppgeschwindigkeitsgrenzwerte selbsttätig angegeben werden, nur daß hier eine selbsttätige Schwimmermarkierung an kleinen Schwimmern einer gut gepufferten Darcyschen Röhre vorzusehen wäre. Die Festklemmfedern der Schwimmer würden am einfachsten durch elektromagnetische Platten, die außerhalb der Röhren sich für bestimmte Stellungen einstellen lassen, ausgelöst.

Nach der ersten elektrischen Meldung oder Auslösung, die so einzurichten wäre, daß sie zwecks Vermeidung von Zufälligkeiten erst nach einer größeren Anzahl von Umdrehungen des Rades a erfolgt, könnte dann noch eine durch Uhrwerk betriebene Registriervorrichtung zur Aufzeichnung der Geschiebegeschwindigkeiten in Tätigkeit treten, doch würde eine solche Einrichtung den Mechanismus wesentlich verteuern.

Alle derartige Messungen setzen voraus, daß regelmäßige, unverschlickte Stellen als Versuchsorte gewählt werden.

c) Ermittlung der Geschiebemengen.

In der wichtigen Frage, welche Geschiebe- und Sinkstoffmengen an einem bestimmten Fluß zur Abführung kommen, gehen die Meinungen meistens sehr stark auseinander, weil alles größtenteils auf Schätzung beruht. Das verbreitetste Mittel zur Feststellung der abgeführten Geschiebemengen sind Peilungen. Erfahrungsgemäß findet aber bei der Geschiebewanderung durchaus nicht immer eine äußerlich wahrnehmbare Umbildung der Sohle statt. Dies ist einzig bei der wellenförmig (dünenartig) fortschreitenden Bewegungsform der Fall, die außerdem selten allein auftritt. Aber auch selbst bei der reinsten Form wellenförmiger Wanderung sind die üblichen Peilungen ein zu ungenaues Mittel, um darauf eine zutreffende Massenberechnung zu gründen. Es dürften Unterschiede von höchstens 1 cm, aber nicht von 10 bis 20 cm und darüber vorkommen. Brauchbar wären nur Feinpeilungen unter Verwendung großer Fußplatte, Winkelsetzwage und Nivellierinstrument.

Wo eine gleichmäßige Fortschiebung ganzer Geschiebeschichten stattfindet, versagt die Peilung vollkommen. Das einzige Mittel wäre hier genaueste Beobachtung der Sohlenbewegung bei verschiedenen Wasserständen. Die Feststellung der Grenzzustände der Wanderung wurde im vorigen Abschnitt besprochen. Schwieriger ist die Erforschung der Art und Größe der Bewegung innerhalb der beweglichen Geschiebeschicht.

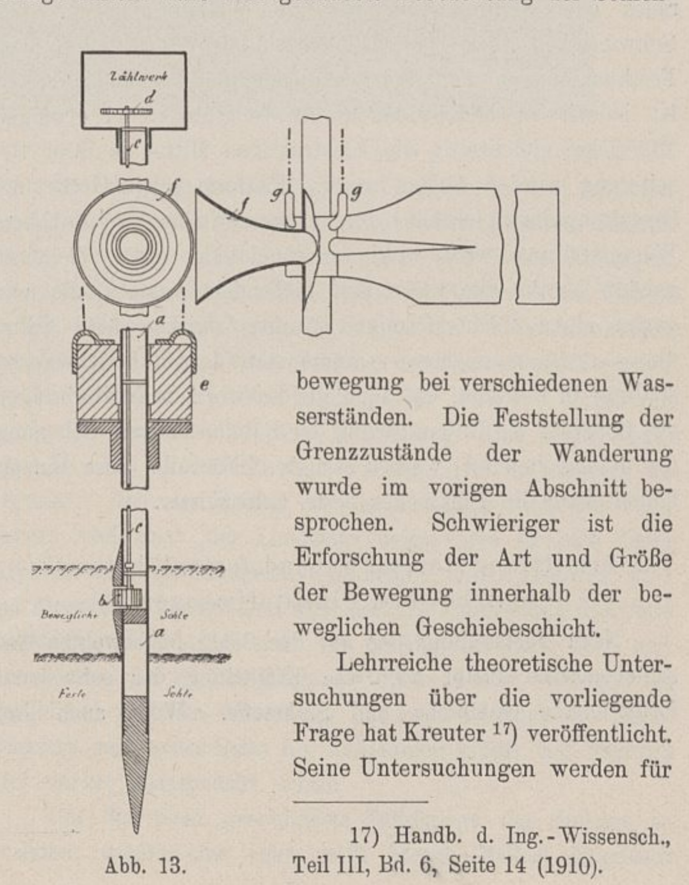


Abb. 13.

Lehrreiche theoretische Untersuchungen über die vorliegende Frage hat Kreuter [17]) veröffentlicht. Seine Untersuchungen werden für

17) Handb. d. Ing.-Wissensch., Teil III, Bd. 6, Seite 14 (1910).

die Praxis noch an Wert gewinnen, wenn erst Erfahrungswerte an die Stelle der zur Zeit unvermeidlichen Annahmen werden treten können. Laboratoriumsversuche würden manche Frage bereits klären können.

Vielleicht gelingt es aber auch durch mechanische Hilfsmittel, die Art der Bewegungsvorgänge an der Flußsohle unmittelbar zu ergründen. So könnte beispielsweise der aus der schematischen Abb. 13 ersichtliche Geschiebe-Wälzungsmesser versucht werden: Ein starkes Stahlrohr *a* ist unten mit einer scharfen Spitze versehen. Aus dem Rohr steckt an einer Seite ein dickes Zahnrad *b* heraus, das oben und unten durch Nasen geschützt wird. Von diesem Rade führt eine senkrechte Welle *c* zu einer Zähl- oder Schreibvorrichtung *d*. Das Rohr *a* kann durch ein herumgelegtes Schlaggewicht *e* in den Flußgrund gerammt werden, und zwar erfolgt die Einsenkung so tief, bis das Rad *b* in die bewegliche Sohle taucht und sich infolge der Wanderung der Geschiebe zu bewegen beginnt, was oben an der Registriervorrichtung angezeigt wird. Man rammt in kleinen Strecken, etwa von 5 zu 5 cm, unter jedesmaliger Registrierung, bis keine Bewegung des Rades *b* angezeigt wird. Auf diese Weise erhält man ein Bild der Geschwindigkeitsabgabe von Schicht zu Schicht und die Dicke der ganzen beweglichen Masse. Ösen *g* dienen zur Befestigung von Ketten oder Seilen, um das Rohr *a* bequem herausziehen zu können.

Durch umfangreiche Messungen innerhalb eines Querschnittes ließe sich im Verein mit den früher beschriebenen Verfahren ein Überblick über die Größe der Geschiebeabfuhr gewinnen. Zur Feststellung, ob auch gleichzeitig senkrechte Bewegungen, also eigentliche Wälzungen des Geschiebes auftreten, könnten ähnliche Vorrichtungen dienen, bei denen mehrere Räder *b* vorhanden sind, die senkrechte, wagerechte und schräge Achsen haben und ihre Bewegung mittels Kegelrades oder Schnecke an mehrere Wellen abgeben. Die Schwierigkeit liegt hauptsächlich in der Vermeidung von Festklemmungen und Behinderungen der Triebräder *b*. Es ist jedoch zu hoffen, daß die Beobachtungen der etwaigen Mißerfolge gleichzeitig die konstruktiven Mittel zu ihrer Beseitigung werden finden lassen. Radform sowie Größe und Gestaltung der Spielräume dürften wesentlichen Einfluß haben. Wasserspülung wird wohl unvermeidlich sein. Vielleicht genügt bereits die Kraft des fließenden Wassers, die man gegen einen trichterförmigen Ansatz *f* wirken läßt. Sollte dieses nicht ausreichen, so käme statt dessen Druckwasserspülung in Betracht, die auch gleichzeitig zum Niederbringen des Rohres *a* als Unterstützung der Ramme und zur Schonung der Räder benutzt werden könnte. Für alle diese Einzelheiten wäre die Praxis der beste Lehrmeister.

d) Ermittlung der schwebend fortgeführten Geschiebe- und Sinkstoffmengen.

Nach Feststellung der auf der Sohle fortbewegten Geschiebemassen bleibt noch die Ermittlung der schwebend fortgeführten Geschiebe und Sinkstoffe. Wenn auch ihre Fortführung dicht über der Sohle am wesentlichsten ist, so können doch auch in höheren Schichten nennenswerte Geschiebemengen fortgeführt werden. Eine Verlandung von Altwässern, die durch geschlossene Sperrdämme vom Flußlauf getrennt sind, wäre sonst nicht gut denkbar, selbst wenn man teilweise ein Herüberrollen der Geschiebe über den Sperrdamm voraussetzt.

Die Feststellung abgeführter Geschiebemengen darf sich daher nicht allein auf die von der Schleppkraft fortgewälzten Geschiebemassen beschränken, sondern muß auch die durch Triebkräfte schwebend fortgeführten Geschiebe berücksichtigen. Besonders wichtig erscheint dieses in allen Fällen, wo die Größe der Sandführung des Flusses festgestellt werden soll.

Die Ermittlungen könnten in bekannter Weise durch Entnahme von Wasserproben bei verschiedenen Wasserständen aus verschiedenen Tiefen geschehen. Leider ist dieses Verfahren nur zur Ermittlung der feinsten Sinkstoffe zweckentsprechend. Verfasser möchte daher für gröbere Sinkstoffe und treibendes Geschiebe folgende einfache Vorrichtung empfehlen, die „Geschiebe-Fänger“ heißen möge. Aus Drahtgaze, deren Maschenweite man entsprechend der Größe der noch aufzufangenden kleineren Schwebestoffe wählt, wird ein langer zylinderförmiger, besser prismatischer Körper mit einem offenen, etwa noch durch eine Klappe abschließbaren und einem geschlossenen Ende gefertigt. Die Größe der offenen Fläche wäre etwa 0,5 × 0,5 m, die Länge des Apparates 1 bis 2 m zu wählen. Dieser Geschiebefänger wird an einer Eisenstange oder einem Drahtseil ähnlich wie ein Voltmannscher Flügel zu Wasser gebracht, wobei die offene Seite mittels Rollenführung an der Stange oder dem Seil gleitet und der Körper selber die stromgerechte Einstellung besorgt. Bei stufenweiser Messung würde man einen Einblick in die Verteilung der Schwebestofführung erhalten, bei gleichmäßigem Herablassen dagegen sofort die mittlere Stofführung in der Senkrechten feststellen. Es würde sich empfehlen, recht lange Beobachtungszeiten zu wählen und zwar um so länger, je geringer die Menge schwebender Körper ist. Durch Vergleiche mit gleichzeitigen Geschwindigkeitsmessungen ließe sich die Sinkstofführung in Beziehung zur Wasserführung bringen. Durch Rohre oder Flügel, die in der Einflußöffnung anzuordnen wären, hätte man außerdem die tatsächliche Geschwindigkeit in dem Geschiebefänger zu ermitteln und bei der Rechnung entsprechend zu berücksichtigen. Die große Länge des Apparates ist nötig, um dem Wasser eine möglichst große Durchflußfläche zu bieten. Die Summe aller Maschenöffnungen müßte das ein- bis zweifache der Einflußöffnung betragen.

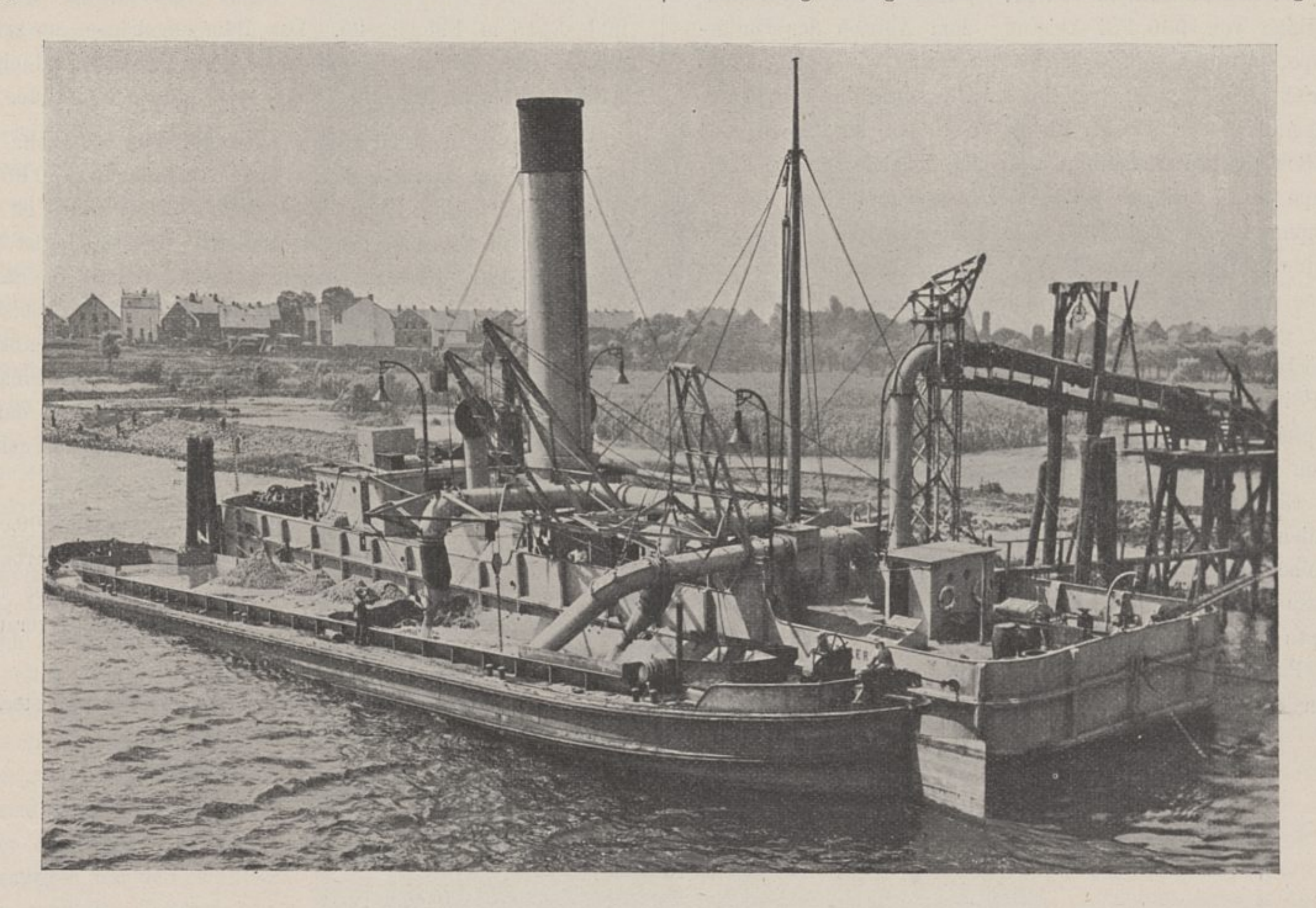
Genauere Angaben sowohl hierüber als auch über die früher besprochenen Apparate zu machen, wäre zurzeit zwecklos, denn bei allen Erstausführungen muß damit gerechnet werden, daß bei Übertragung des Grundgedankens in die Praxis mehr oder weniger große Mängel zutage treten, die aber an der Hand eben derselben praktischen Versuche sich meistens leicht beseitigen lassen.

Im Februar 1912.

Der neue Spüler für das Königliche Wasserbauamt Harburg.

(Mit Abbildungen auf Blatt 57 und 58 im Atlas.)

Für das Wasserbauamt Harburg haben die Stettiner Oderwerke nach den Vorschriften der Bauverwaltung im Jahre 1910/11 einen Spüler geliefert. Die Neubaukosten einschließlich Ausrüstung, jedoch ohne die Rohrleitung, haben etwa 287000 Mark betragen. Der Spüler ist für die gleiche Leistung wie die für das Wasserbauamt Emden im Jahre 1907 beschafften gebaut,[1]) weicht jedoch in seiner Anordnung in einigen wesentlichen Punkten von diesem ab.



1. Das Schiffsgefäß. Das Schiffsgefäß ist nach der Klasse 100 A $\frac{}{4}$ K des Germanischen Lloyd erbaut. Die Schiffswände sind innen in gleicher Weise wie bei dem neuen Eimerbagger für das Wasserbauamt Emden[2]) durch T-förmige Eisenkonstruktionen abgestützt. Die Abmessungen des Schiffsgefäßes betragen: Länge in der Wasserlinie 43,5 m, Breite über alles 10,4 m, Breite im Hauptspant 10 m, Seitenhöhe 3,75 m, Tiefe im Raum 3,95 m, Tiefgang fertig ausgerüstet mit 150 t Kohlen und 30 t Wasser 2,05 m.

Das Schiffsgefäß ist durch fünf wasserdichte Schotten und eine Kohlenbunkerwand von vorn nach hinten gerechnet in folgende Räume geteilt (Abb. 1 und 2 Bl. 57 und 58): a) Kabelgatt mit eingebautem Trimmtank, b) Wohnräume für drei Heizer und drei Matrosen, c) Maschinenraum, d) Kesselraum, e) Kohlenbunker, f) Wohnraum für Baggermeister, Steuermann und ersten und zweiten Maschinisten, g) Achterpiek. Die Wohnräume sind für doppelte Besatzung eingerichtet. Die Kohlen fassen den Bedarf für etwa zwölf Betriebstage von je zwölf Arbeitsstunden. Der Aufbau über dem Maschinenraum hat einen von Steuerbord nach Backbord führenden Verbindungsgang, der zugleich als Werkstattraum eingerichtet ist.

2. Kessel-, Maschinen- und Pumpenanlage. Die Anordnung der gesamten Maschinen- und Kesselanlage ist besonders dadurch bemerkenswert, daß ihr Gewicht mit zum Ausbalanzieren des ganzen Gerätes beim Arbeiten benutzt wird. Derartig große Spüler neigen sich beim Ansaugen, wenn das Saugerohr mit Boden und die Spülrohre mit Wasser gefüllt werden, stark nach der Saugeseite. Beim Abschlagen der Pumpe infolge Verunreinigung des Bodens schwingt der Spüler jedesmal in seine Anfangslage zurück. Hierdurch wird der Landanschluß der Rohrleitung sehr stark beansprucht. Es ist deshalb sehr wichtig, die Gewichte so zu verteilen, daß der Spüler in der Ruhelage sich um etwa ebenso viel nach der Landseite neigt, wie er sich beim Arbeiten nach der Saugeseite hinneigen wird. Dadurch wird der Ausschlag, den der zum Anschluß der Landleitung dienende Lederschlauch machen muß, so geteilt, daß nach oben und unten etwa der gleiche Biegungswinkel auftritt, während bei der bisher üblichen Anordnung der Lederschlauch die ganze Biegung nach einer Seite hin aufnehmen mußte und dadurch viel stärker beansprucht wurde.

Um die oben geschilderte Schräglage des Spülers zu erzielen, müßte eine sehr große Menge Ballast eingebaut

1) Sieh Zeitschrift f. Bauwesen 1909 Seite 231.

2) Sieh Zeitschrift f. Bauwesen 1911 Seite 357.

werden, durch den der Raum in der Bilge unzugänglich und das Schiff unnötig belastet wird. Dieser Übelstand ist im vorliegenden Falle dadurch vermieden worden, daß die Kessel soweit wie möglich nach der Landseite gelegt wurden. Hierdurch wird zugleich der Kesselaufbau auf der Wasserseite weiter von der Reeling zurückgeschoben und für die Bedienung der Trossen beim Anlegen der Prahme ein sehr wertvoller freier Raum geschaffen.

Die Kesselanlage besteht aus zwei liegenden Schiffskesseln mit rückkehrenden Heizröhren von je 200 qm Heizfläche, 60 qm Rostfläche und 13 Atm. Betriebsdruck.

Im Maschinenraum stehen: a) Eine Dreifach-Verbundmaschine von 950 PSi Leistung zum Antrieb der Förderpumpe, b) eine Dreifach-Verbundmaschine von 250 PSi zum Antrieb der Spülpumpe, c) eine Zwillingsmaschine von 35 PSi zum Antrieb der Winden für das Verholen der Prahme und das Bewegen des Saugerohres, d) eine liegende Duplexdampfpumpe von 7 PSi zum Spülen der Kreiselstopfbüchse, e) eine Lenzpumpe von 4 PSi, f) eine Umlaufpumpe von 6 PSi, g) eine Luftpumpe von 4 PSi, h) eine Dampfdynamo-Maschine von 10,5 PSi. Sämtliche Dampfmaschinen sind an eine gemeinsame Oberflächen-Kondensations-Anlage angeschlossen. An Deck steht außerdem eine Dampfwinde von 15 PSi mit Seiltrommel zum Heranholen der vom Schleppdampfer losgeworfenen Prahme. Die Abmessungen der einzelnen Maschinen gibt die nebenstehende Zahlentafel.

Die Windenmaschine wird von Deck aus mit den einzelnen Winden durch Kegelradübersetzung gekuppelt. Die Dynamo ist eine Gleichstrom-Nebenschluß-Maschine von etwa 64 KW Leistung bei 110 Volt Spannung. Sie speist vier Bogenlampen von je 12 Amp und 44 Glühlampen von je 16 NK. Die Pumpe ist ganz aus Schmiedeeisen gebaut. Sie hat einen offenen vierarmigen Kreisel von 2,2 m Durchmesser

Bestimmung	Leistung in PSi	Umdreh. in der Minute	Zylinderabmessungen in mm	Hub in mm
Antrieb der Förderpumpe	950	200	380 × 600 × 950	600
„ der Spülpumpe .	250	250	250 × 410 × 650	350
„ der Winden . .	35	200	200 × 200	200
Stopfbüchsenspülung . .	7	76	100 × 100	80
Lenzpumpe	4	64	150 × 150	150
Umlaufpumpe	6	180	200	200
Luftpumpe	4	30	250 × 250	406
Lichtmaschine	10,5	500	140	100
Deckwinde	15	200	180 × 180	250

und 0,415 m Flügelbreite. Das Pumpengehäuse ist kreisförmig. Die Spülpumpe hat gußeisernes Gehäuse und einen Kreisel mit acht Flügeln. Sie leistet 5000 cbm/Stunde.

3. Saug- und Druckrohranlage. Das Saugerohr hat 0,7 m lichten Durchmesser. Das Druckrohr von 0,65 m Durchmesser reicht 9 m über Wasserspiegel und ist in einem festen eisernen Gerüst gelagert. Dieses Gerüst hat einen Ausleger, der zum Tragen des ersten Rohres der Landleitung dient. Die beweglichen Spülrohre haben lange konische eiserne Mundstücke. Das ganze Gerüst für die Spülrohre und das Saugerohr ist so gebaut, daß alle über Bord hinausragenden Teile etwa 0,5 m über der Reeling liegen, damit die leeren Prahme ungehindert am Spüler entlang geholt werden können.

4. Leistung. Die vertragliche Leistung sollte 500 cbm Sand von 1,8 Einheitsgewicht in einer Stunde reiner Arbeitszeit betragen. Geleistet wurden 658 cbm/Stunde Kies und Sand von 1,852 Einheitsgewicht bei einem Kohlenverbrauch von 0,78 kg für 1 PSi/Stunde.

Paulmann und Blaum, Regierungsbaumeister.

Buchdruckerei des Waisenhauses in Halle a. d. S.